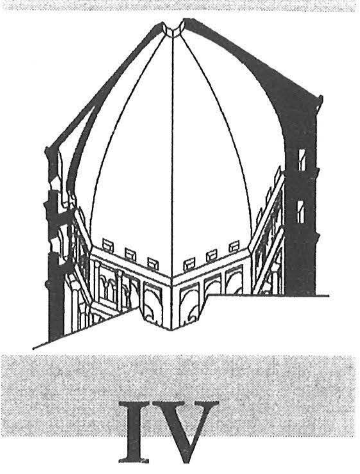


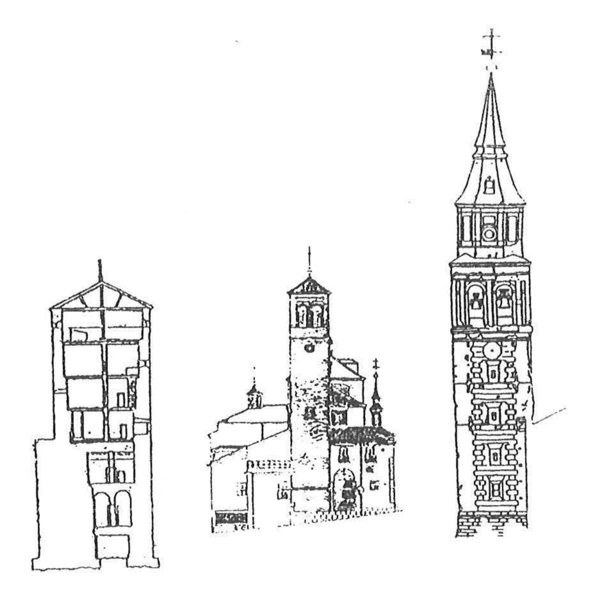


IV

TRES TRISTES TORRES

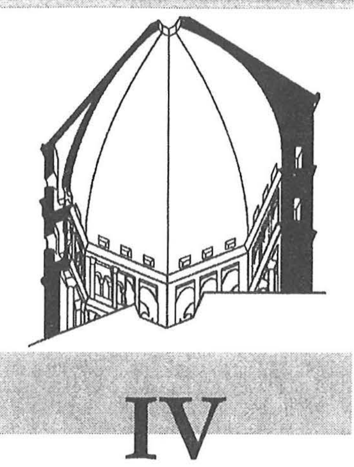
DEL TROVADOR DE LA ALFAJERÍA DE ZARAGOZA, DE SAN PEDRO EL VIEJO DE MADRID, DE SAN PEDRO AD VINCULA DE VALLECAS

JOSÉ MIGUEL ÁVILA JALVO



CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID





TRES TRISTES TORRES

DEL TROVADOR DE LA ALFAJERÍA DE ZARAGOZA,
DE SAN PEDRO EL VIEJO DE MADRID,
DE SAN PEDRO AD VINCULA DE VALLECAS

JOSÉ MIGUEL ÁVILA JALVO

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

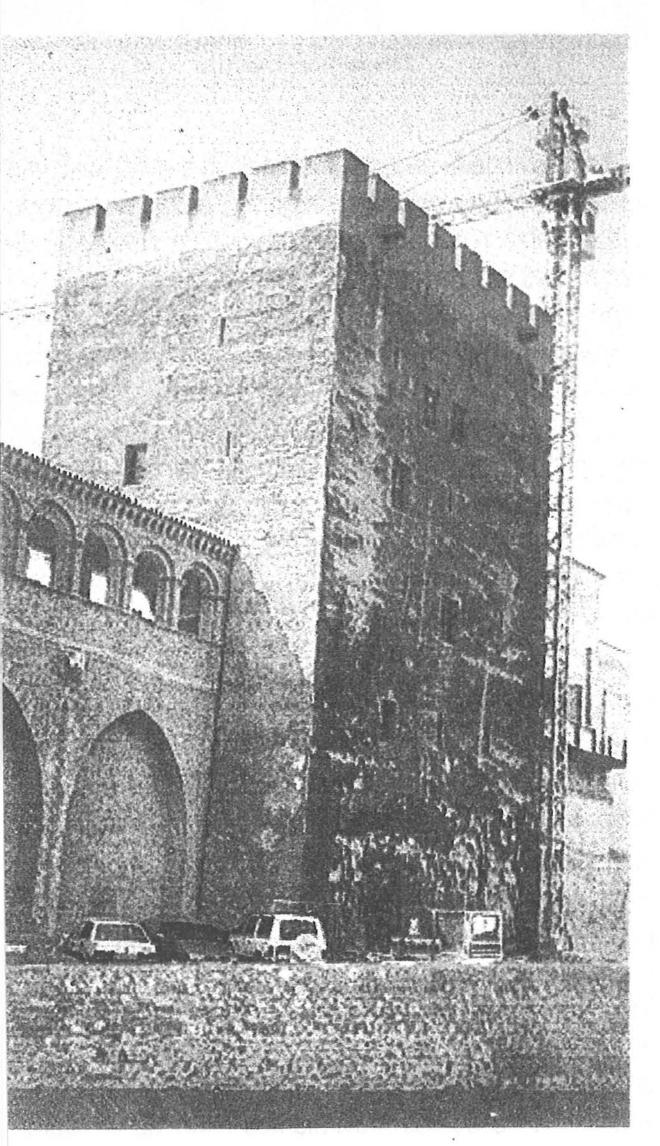
Tres Tristes Torres

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
CUADERNO 34.01
ISBN: 84-89977-39-9
Depósito Legal: M-35120-1998

Me comprometí a escribir sobre trabajos realizados en **torres de fábrica** para la colección de **CUADERNOS de la *Restauración*** dentro de los **CUADERNOS de *APOYO A LA DOCENCIA*** que edita el **Instituto Juan de Herrera**. He entresacado tres, tres tristes torres que, como las demás, carecen ya de valor funcional para los edificios de los que fueron enseña y origen y a las que los inquilinos de éstos, no suben ya, ni para barrer palomas muertas. Tres. Un informe, un proyecto de investigación y una intervención. En la Aljafería he hecho un informe sobre la torre del Trovador defendiendo una intervención mínima. En San Pedro el Viejo, de Madrid, he planteado un proyecto de investigación que, aprovechando el interés del edificio, hiciera compatible –una ingenuidad–, consolidación y restauración, con, documentación histórica y arqueológica, es un caso de 'emergencia' que ha pasado de la agobiante prisa a la preocupante calma. En San Pedro ad Víncula, de Vallecas, estoy consolidando un edificio que te lo llevas con las manos.

TORRE DEL TROVADOR

En 1997 el Colegio de Arquitectos de Aragón me ofreció realizar un informe para las Cortes de Aragón acerca de la fiabilidad estructural de la Torre del Trovador de la Aljafería.



1 La torre del Homenaje o del Trovador de El Palacio de la Aljafería

Este asunto traía una cola de diez años, cuando Ángel Peropadre, arquitecto encargado entonces de la restauración del Palacio, proyecta eliminar la cubierta existente proponiendo algo que ya había planteado Íñiguez en 1971 pero que no llegó a construir. Nunca pudo ocurrírsele cosa peor. El Ayuntamiento, promotor, lleva a la Diputación de Aragón el proyecto para que, como es preceptivo, lo informe Patrimonio y éste no considera adecuada la eliminación de la cubierta existente. Comienza una tanda de informes y recursos en la que los unos porque demostrando que los muros de la torre no están bien luego el peso de la cubierta es contraproducente y los otros porque cualquier cosa es reforzable con los avances actuales, acaban todos en el Tribunal Superior de Justicia de Aragón que sentencia a favor de la opinión de mantener la cubierta.

Pasa el tiempo hasta que en 1994 el Ayuntamiento de Zaragoza cede el Palacio de la Aljafería a las Cortes de Aragón que encarga la restauración del Palacio a los arquitectos Mariano Pemán y Luis Franco que reciben un encargo de restauración de una torre cuya polémica había dejado problemas de pandeo, de sismo y de una cubierta correcta pero pesada, lo que obligaba, o a una densa obra de cosidos, o a un reestudio de la situación. Supongo que por no coincidir con la primera opción se orientan a la segunda y buscan colaboración a través del Colegio de Arquitectos de Aragón, que me lo traslada.

Tras una primera toma de contacto observo que la armadura que sostiene a la cubierta lejos de ser tal consistía en un grupo de palos apoyados unos encima

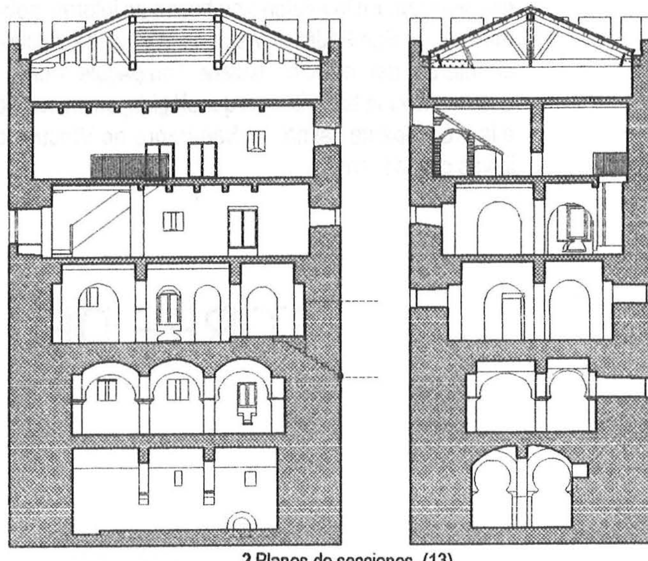
de otros en cuyos puntos más delicados la humedad estaba minando a la madera. Por decirlo así, se estaba cayendo.

De modo que orienté el trabajo a colaborar al entendimiento de esa construcción y a no otorgar al resultado de nuestros cálculos más credibilidad que la obtenida de la observación de la realidad a la que torpemente imitan.

Resumo aquí el trabajo realizado en respuesta al informe estructural que se me encargó sobre el estado de la Torre del Trovador. Bloque prismático de 16 por 12 metros de base y 26 de altura, en el que se inscriben cinco plantas y mil años de la historia de Zaragoza. Los números entre paréntesis que aparecen en pie de página y figuras pertenecen a los trabajos citados al final del artículo.

MODELOS Y ACCIONES

El término *estructural* solemos interpretarlo en sentido de *numérico* y los modelos que empleamos para validar o desechar edificios son tan potentes que tendemos a aceptar sus resultados desatendiendo aspectos también significativos. Por un lado, la fiabilidad que les da su edad, el llevar soportando cotidianamente las cargas habituales, por otro, la falta de daños recientes y, por otro, dar por buena la difícil traducción que es necesario realizar para que esos modelos sustituyan a su comportamiento mecánico. Un edificio como este, con nueve siglos en su haber, se ha autocalculado en multitud de ocasiones; con cada viento, cada incendio, cada vibración, cada asalto, cada verano y cada invierno, lo que evita establecer muchas de las predicciones que siendo muy estimables en otros casos[1] aquí no nos acercarían a su realidad con la precisión que nos da la observación y medida de ella misma. Estos edificios cuya estructura no es desgajable del resto de elementos, cosa que no ocurre en los de ahora[2], su cálculo precisa una labor previa de análisis. En esta torre, como en los demás, esta labor desentrañadora resuelve muchas de las dudas acerca de su fiabilidad estructural desde meras razones constructivas, por lo que el conocimiento de su construcción, de las intervenciones habidas, y el estudio de su historia y la de sus daños, adquiere fuerte protagonismo.



2 Planos de secciones. (13)

La mayor parte de los esfuerzos que soporta este tipo de construcción masiva son los de su propio peso por lo que su colapso cabe esperarlo a partir de un cambio de forma local o global, sea debido a la degradación de la traba, a la fluencia de los materiales o a cedimientos diferenciales del terreno. La influencia del viento no es aquí significativa y la variación dimensional por razón de la temperatura ha quedado resuelta por el propio edificio fisurándose o abriéndose donde lo haya necesitado al cabo de tantos años. Pero hay que comentar otras acciones como la resistencia a los terremotos y la capacidad para admitir sobrecargas porque merecen consideración especial.

La decisión de incluir o no la estabilidad a sismo entre las acciones que deben soportar los edificios antiguos creo que tiene que pertenecer a la política de conservación del patrimonio y no creo que deba ser facultativa en una intervención concreta. La torre de San Juan de los Panetes, las agujas de la Basílica del Pilar o la cúpula de la Seo –por seguir un recorrido procesional hasta la Catedral–, tienen mayor probabilidad de sufrir daños sísmicos que la Torre del Trovador debido a su mayor esbeltez. Pero, supuesto aceptado este asunto, debe estar contrastado que la prótesis sea adecuada. A lo largo de la historia, en las zonas con frecuentes movimientos telúricos se fueron desarrollando sistemas antisísmicos hasta alcanzar soluciones exitosas que afectaban al diseño global del

1 Como ayuda al proyecto o en el análisis de edificios o elementos en los que se observen daños o movimientos.

2 Siempre que estén funcionando como se les ha calculado.

edificio[1], a la traba específica de los sillares[2] o, algunas veces, a la incorporación de elementos como los irantes[3]. Hoy hacemos lo mismo con los tipos estructurales actuales y, del mismo modo, las normas van modificando sus recomendaciones casi con ocasión de cada nuevo movimiento importante ocurrido en zona urbana en la medida de va siendo contrastada la pertinencia de cada procedimiento. Pero ninguna de ambas situaciones (refuerzos históricos en edificios históricos y actuales en actuales) permite otorgar validez a las prótesis actuales aplicadas en fábricas antiguas. Que esto se venga haciendo en edificios cuya pérdida no deteriore elementos patrimoniales singulares o en aquellos tan dañados que les quede poca esperanza de vida puede ser bueno para su examen en caso de coincidencia con algún terremoto o con el mismo paso del tiempo pero que se haga en edificios sin daños y de primera categoría no parece prudente sin ese contraste.

En cuanto al otro aspecto, el que afecta a la capacidad para admitir sobrecargas de uso, creo que debe tenerse en cuenta que la restauración se diferencia de la rehabilitación en que el protagonismo le corresponde exclusivamente a la materialidad del edificio, tanto más cuanto mayor sea su singularidad, en este caso indudable; de forma que su insuficiencia para aceptar cargas de uso tiene que entenderse como una limitación a éste y no como una necesidad de refuerzo salvo, y sólo en algunos casos, con la mera sustitución de elementos constructivos dañados por otros similares.

Así, creo que debemos abordar el análisis y la intervención en el patrimonio construido con un criterio no limitado al obtenido de los resultados producidos con modelos (por otra parte diseñados para proyectar y no para comprobar y desarrollados para sistemas actuales y no históricos), salvo que se observen movimientos o daños que hagan necesario correr el riesgo. Por un lado, porque esos modelos no se ajustan tanto al objeto como para que sus resultados sean suficientemente fiables y, por otro, porque las fábricas tendrán dificultades para amoldarse a las prótesis con las que se trata de completar lo que hemos concluido por medios posiblemente incompletos, que les falta.

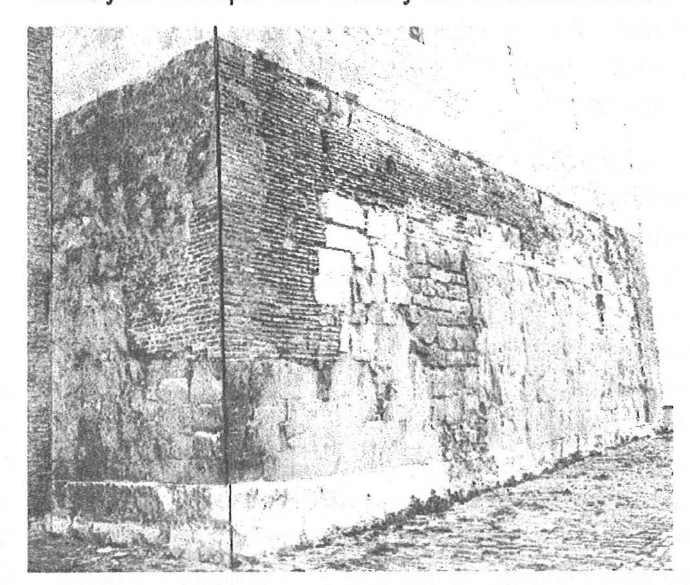
(21 pág 184) .... *Poco a poco, y dada la trágica experiencia de los sismos, las dimensiones de cúpulas y torres-campanario disminuyeron hasta el punto de desnaturalizar el concepto integral de la arquitectura barroca...*

(3)

(24)

FÁBRICA INFERIOR

La Torre asienta sobre un zócalo formado por dos o tres hiladas de grandes sillares que posiblemente ocupe toda la anchura del muro y que sirve de aislamiento de la humedad del suelo, de plataforma de nivelación de la obra y de base de reparto del peso del edificio. En él apoya la parte baja de los muros de casi seis metros de altura y formada por dos haces y un relleno intermedio.



3 Zona baja de la torre: Zócalo, sillería de alabastro y esquinas de ladrillo

El haz exterior es de alabastro, colocado a tizón, o sea, con la cara pequeña del sillar vista y cada uno, como es natural, con una longitud distinta[4] que hace que entren unos más y otros menos en el interior del muro para conseguir una buena traba con el trasdosado. Las esquinas de este haz exterior son de fábrica de ladrillo. El relleno central es de piedra y mortero de cal con una configuración muy seca donde aparecen cavernas y elementos constructivos hoy cegados. El haz interior, por último, es mampostería concertada.

4 Por ejemplo, esta es la gama de los casos analizados en varias inspecciones: (4) Espesor de sillería en taladros: 80, 100, 110, 120 y 170 cm.
(18 Anejo 7 pág 6 ... *las hojas exteriores tienen un espesor de 86 cm. en la base ... y de 56 cm. hasta el nivel de planta primera.*
(15 pág 360) ... *y al exterior de sillares atizonados ... que penetran hasta dos metros en el espesor de los gruesos muros.*
(13) Entre fachada y escalera hay 1.60 m. y como por ambas caras hay alabastro puede entenderse en principio que ahí no hay relleno.

La sillería exterior

Un Palacio[1], edificio digno en color y riqueza[2], es motivo sobrado para el empleo del caro alabastro traído de Sástago[3] en lugar de la caliza cercana de las Muelas. Razonablemente este material se preparó para dejarlo visto y sentado a hueso[4] con el fin de no mancharlo ni con blanco de cal, ni siquiera en las juntas. Imaginando esta blancura y la del calicostrado del tapial superior, dentro del recinto amurallado de las mismas características cromáticas, se explica la denominación árabe de "*Ciudad Blanca*"[5]

El alabastro, es un material que se deshoja con cierta facilidad. Compuesto de yeso, le afecta el agua que al entrar en contacto con él, le hidrata e hincha, rompiéndolo en escamas. En estas circunstancias, la obra, realizada con sillares a tizón para ofrecer al exterior sólo la cara de cantera (más dura), lo preservó de la intemperie, pero en las esquinas, donde esta protección no es posible al tener que mostrar dos caras[6], el ladrillo que hoy las recubre, que posiblemente estuvo revestido con técnicas de tendido que los musulmanes dominaban, pudo ser obra obligada por el deterioro. Si desde el punto de vista mecánico no necesitaba consolidación urgente, la pérdida de presencia del Palacio pudo requerir una intervención inmediata a la construcción original.

1 (11 pág 63) *...En la época de su constructor, éste se refería a su residencia con el apelativo de ... Palacio de la Alegría ... con el significado de enclave lúdico y de regocijo que tuvo la Aljafería para los musulmanes. No en vano este palacio ... sirvió de marco ... para una brillante corte de artistas, científicos, filósofos e intelectuales, tanto árabes como judíos...*

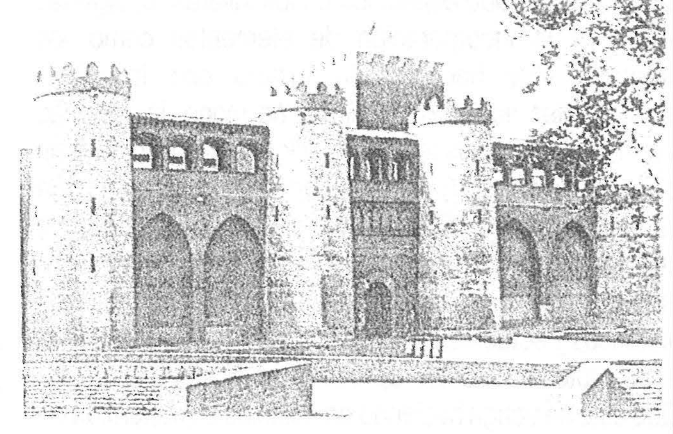
2 (11 pág 57) *...servía no sólo de defensa ante posibles ataques enemigos, sino también para configurar dos mundos bien diferenciados: el exterior, profano y plebeyo, y el interior, culto y refinado.*

3 (16 pág 5) *...proponemos la reconstrucción* [de la muralla] *en piedra caliza de parecido tono al del alabastro ... así se verá siempre la razón de la reconstrucción evitando el mal efecto de materiales demasiado diversos y el fortísimo coste del alabastro, aún suponiendo que las canteras de Sástago proporcionasen sillares suficientes.*

4 (15 pág 360) *...mediante largas dovelas ... sentadas a hueso, como toda la sillería de alabastro.*

5 (11 pág 55) *... la ciudad de Zaragoza, a la que pusieron el nombre de Saraqusta . En algunos textos árabes la llamaron poéticamente la "Ciudad Blanca" ...*

6 Las torres de la muralla, de construcción posterior, diseñadas con base circular –por otra parte la habitual de la época– evitan la existencia de esquinas y en consecuencia eliminan este problema.



4 Vista general del Palacio. Torres cilíndricas de alabastro (11)

La piedra de alabastro

El agua afecta al alabastro de dos formas: una, cuando no consigue entrar en su masa porque no encuentra fisuras, en cuyo caso patina por su superficie formando surcos debidos a la disolución del yeso y, otra, cuando penetra, entonces lo hidrata aumentando su volumen y, al secar, la holgura creada va formando lascas que, en contacto con el ambiente, se ensucian. Cuando una lasca se desprende, abre el camino para la siguiente, y así, desde poco después de 1065.[7]

Por otro lado, el redondeo de los sillares puede no deberse a causas constructivas. La labra original del sillar genera una microfisuración en la cercanía del corte por donde, con el tiempo, de nuevo el agua, va minándolo. En el cruce de dos caras –en la arista–, los daños producidos por la labra afectan esa zona en dos direcciones y en los vértices, por la misma razón, en tres, por lo que el futuro del material es más breve en el vértice que en la arista y, en ésta, que en la cara, dando lugar a una engañosa forma de sillería almohadillada.

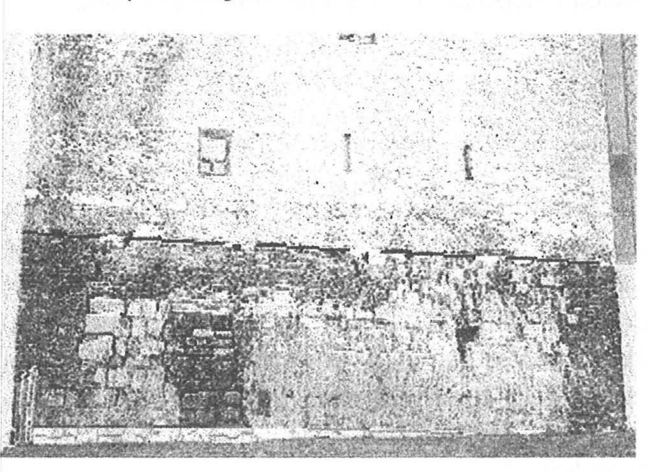
Edificio adosado, incendio y postigo

La parte alta de la sillería de la cara norte está, en buena parte, parcheada con ladrillo similar al de las esquinas. Estos parches tienen una cota superior uniforme, coincidente con el arranque del tapial, en la que hay unos mechinales que parecen haber servido

7 (11 pág 56) *...Ahmad ibn Sulayman ibn Hüd... que fue el encargado de protagonizar la etapa más brillante y refinada de la taifa saraqustí, ... acometió durante su mandato el grueso de la construcción del palacio de la Aljafería (1065-1081/2) y cuyas obras ... continuaron en tiempos de Almutadim (1085-1110).*

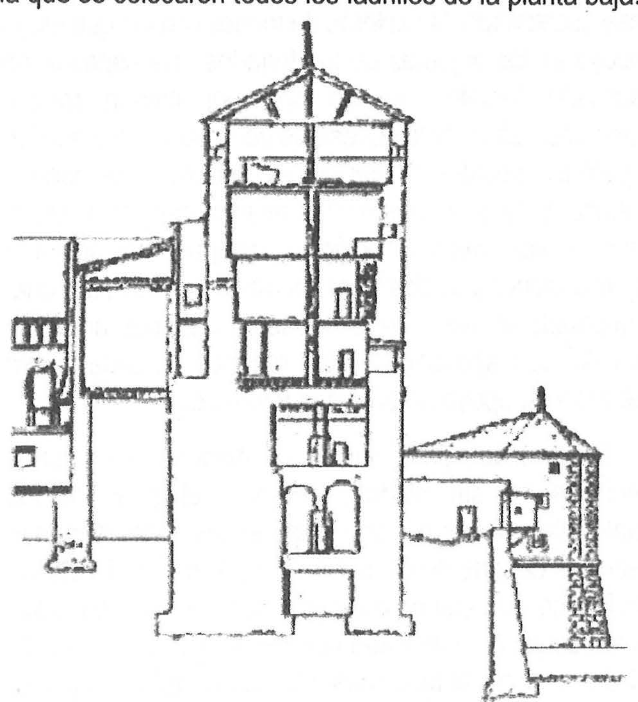
)ara apoyo a los pares de alguna cubierta exterior y una ;ota inferior variable que se ajusta al apoyo que en la ;illería tendrían las bóvedas pertenecientes a un edificio idosado de cuya existencia hay indicios documentales.

Otro asunto es el incendio[1] cuyas referencias son recuentes[2]. Íñiguez lo data hacia 1039.[3] Pero lo nteresante aquí es que el incendio parece que ocurre ;asi en la época original del edificio.



5 Vista norte: ladrillo, alabastro, puerta tapiada e incendio

Situados frente a la cara norte vemos a nuestra zquierda unos ladrillos azufrados sobre unos sillares que io son de alabastro y que ocupan torpemente una zona le proporción y tamaño similar a una puerta que debió iaber entre la Torre y ese edificio adosado y que, dada a calcinación, hizo de tiro del fuego. Vista por el interior, esta puerta está situada cerca del conducto que lleva, a través de una rampa, al foso[4]. Curiosamente, este conjunto de cosas puede orientar acerca de la época en la que se colocaron todos los ladrillos de la planta baja.



6 Zona en que se ubicaría el edificio exterior a la Torre. Dibujo de Miguel Marín en 1757 (28)

MURO DE TAPIAL

En los 18 metros que van de la coronación de la sillería inferior hasta el apoyo de la cubierta, el muro es de piedra y mortero y la técnica constructiva, tapial. El espesor varía entre 1,20 m. y 4,15 m. En todo el muro, abren una veintena de aspilleras, la puerta del adarve y siete ventanas pudiéndose hablar de un prisma de paredes prácticamente ciegas. No se aprecia en la superficie del muro, ni a través de los taladros realizados, diferencia ni cambio de texturas, materiales o colores que confirme la opinión de que la parte baja y la alta sean, al menos en lo que respecta al muro, de distinta época[5].

Este apartado quiere poner orden sobre las opiniones acerca de a causa del conjunto de roturas generalizadas de la sillería. Este roblema afecta a toda la torre, tanto por el exterior como por los aramentos interiores de la escalera que también son de alabastro isto. Por un lado, un incendio de la capacidad calorífica necesaria ara producir ese daño hubiera hecho desaparecer la torre, por tro, para ser causado por un exceso de compresión, la altura de a torre debería ser superior al kilómetro, mientras que la hidratación e la molécula de yeso produce tensiones centenares de veces uperior a las de rotura mecánica. La rotura generalizada de los illares se debe al agua. Los de fuera, por la lluvia y, los de dentro, or haber estado rellena de tierras la escalera de acceso con el onsiguiente estado de humedad de, por ejemplo, capilaridad.

(15 pág 360) *...Por la calcinadísima escalera, metida en el spesor del muro y cubierta por bovedítas de cañón... ...Están alcinados los pilares y los arranques de los arcos ... reconstruidos in duda luego del incendio...*

(15 pág 362) ...y al incendio que la destruyó sin duda durante la olenta conquista del trono zaragozano a sangre y a fuego ... en 039 luego de la caída del Califato.

1 pág 61) *...algunos de los sillares de la parte baja permanecen alcinados y fracturados, quizás como consecuencia de algún cendio sufrido por la fortaleza durante la caída de los Tuyibíes...*

4 (15 pág 360) *...En el muro del fondo de la estancia se abre un desagüe amplio y con gran pendiente, que conduce a una alcantarilla, todavía en uso.*

5 (11 pág 63) *...las dos últimas plantas ... se recrecerían en tiempos de Pedro IV el Ceremonioso (1319-1387), cuando este monarca mandó construir su palacio mudéjar en esta zona de la Aljafería.*

Sistema constructivo

Su espesor disminuye de planta en planta al ir ascendiendo para colocar, en los retallos que va dejando ese escalonado, las soleras de madera en las que luego apoyarán las viguetas de los forjados. Tal espesor, en absoluto fortuito[1], no se rige por ningún motivo resistente[2] sino por la necesidad de espacio para que los operarios, subidos a la tapia y sin andamio, apisonen la fábrica. Esta arte constructivo avanza independiente al resto de elementos del edificio y deja para más adelante distribuciones y suelos[3]. Así ocurre en la Torre[4], a la que, construido el muro, se le adosaron después arcos de ladrillo[5] que apoyando en los resaltos de cada planta permiten el apoyo de bóvedas y forjados.

Desarrollado por culturas sin madera, o en zonas arcillosas y sin piedra[6], combina el peor de los materiales, la tierra, con una de las más refinadas técnicas del arte de construir. En la Torre del Trovador, se fabricó, en lugar de con tierra, con hormigón y piedra. Árido de yeso cementado con mortero de cal[7] evitando el de yeso por el inconveniente de su rápido fraguado. Para reducir empujes de esta masa semilíquida durante la ejecución, debió hacerse bastante seco lo que unido a la dificultad de apisonado por la presencia de piedras explica el número de coqueras existente.

Las tapias, cuando son de tierra, tienden a la desconexión por la junta vertical constructiva que viene obligada por el tamaño limitado de los cajones del encofrado lo que acorta su vida al favorecer la entrada de agua al interior de la masa. Sin embargo, en la Torre estas juntas verticales, o han funcionado bien gracias a la mejor adherencia que ofrecen yeso y cal respecto a la tierra, o se realizó un encofrado continuo de toda la hilada (cosa detectada en construcciones de la sierra de Segura). En lo que atañe a los paramentos, es muy probable que la fábrica se construyera calicostrada[8] por restos visibles en zonas sin revestimiento fingido[9].

Intervenciones

En la obra de 1920 se realizan *...operaciones que nos obligan a la demolición y reconstrucción de parte del muro. Y, existiendo grietas en los cuatro ángulos y en una de las fachadas del edificio ... se considera indispensable su reparación cerrándolas con fábrica de ladrillo ... así como se considera necesario un revoque de mortero ordinario a la mayor parte de la superficie...*[10y11]

Íñiguez, en la obra anterior a 1958 parece que realiza el revestimiento en el que marca, rayándolos en él, los agrietamientos de retracción y las juntas de los cajones. Falso con el que imita la fisonomía de la tapia de tierra.

Hay zonas despellejadas en la cara sur que dejan a la vista la piedra gruesa y que pueden estar causadas por una mayor erosión natural o por un raspado realizado para mejorar la unión de un revestimiento que no se llegó a tender o que ha caído en un plazo demasiado breve.

---

1 (11 pág 62) *...el increíble grosor de sus muros, que disminuye conforme ascendemos en altura...*

2 Obsérvese que, a doble espesor de muro, se duplica el peso y también la sección resistente lo que hace irrelevante el grueso.

3 (2).

4 (15 pág 361) *... la estructura de muros queda independiente por completo de la construcción de las salas, como sucede luego hasta lo granadino, pero jamás de hormigón de yeso y cal, moldeado por tableros.*

5 (11 pág 62) *...todavía son visibles los paños originales de ladrillo pertenecientes a la fábrica musulmana del siglo XI...*

6 (22 pág 106) *...probablemente las casas de la Huesca árabe ya estuvieron construidas con tapial ... Waska [Huesca] -según testimonios musulmanes del XII- era una ciudad donde apenas se podía encontrar piedras...*

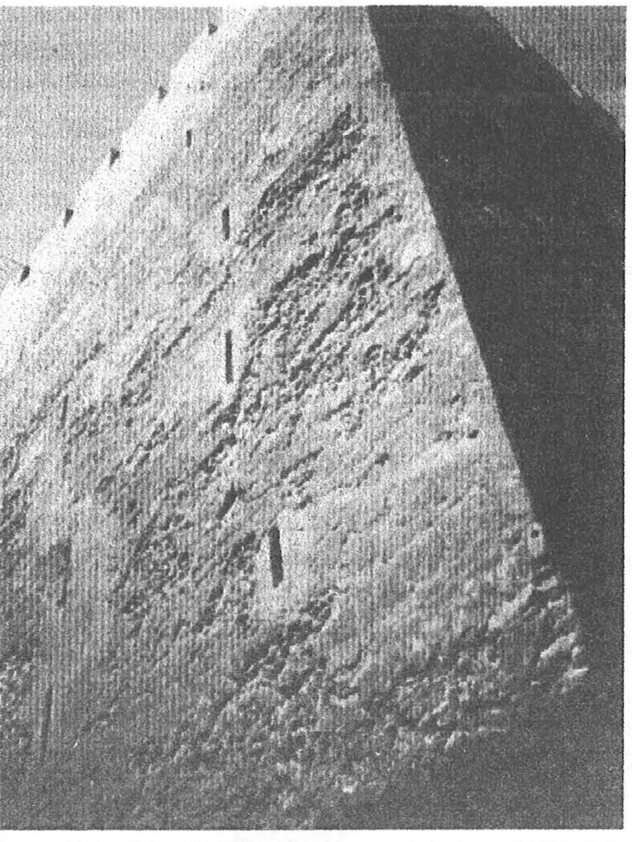
7 En los análisis realizados, cuando se ensayaba mortero y piedra triturada, el contenido de sulfatos -yeso- es del 70% y el de carbonatos -cal- del 10%, mientras que cuando se ensayaba sólo mortero, los carbonatos subían al 70% con sulfatos irrelevantes.

8 El calicostrado consiste en construir simultáneamente fábrica y revestimiento. Colocado el encofrado y antes de echar la tapia se le trasdosa con tres o cuatro centímetros de cal en toda la altura de la tongada para que en el proceso posterior de apisonado penetre en la masa y haya un fraguado simultaneo. Este proceso evita los andamios al eliminar el tendido posterior del revestimiento.

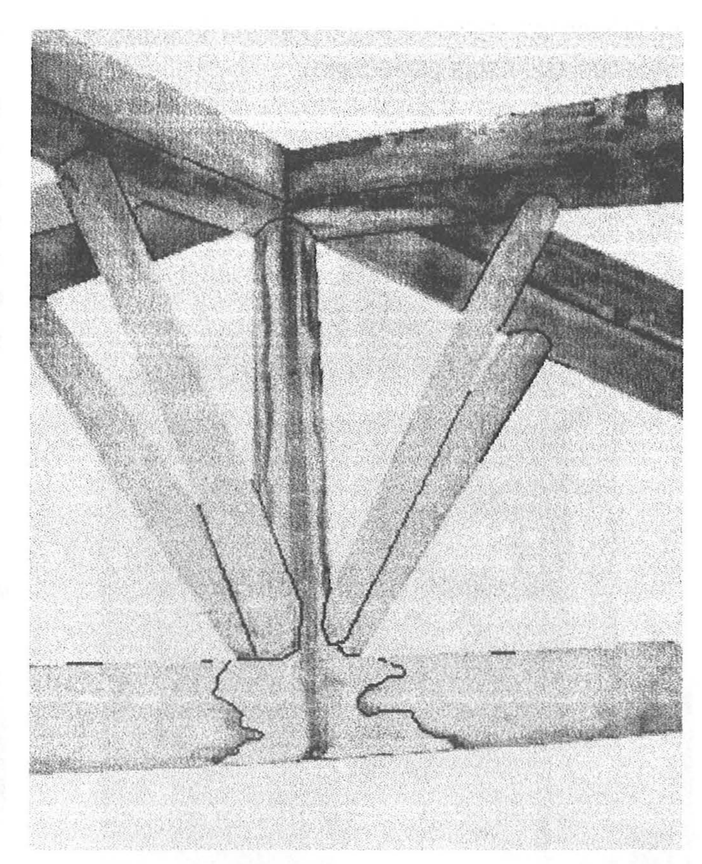
9 En buena parte de los muros, actualmente entonados en gris, se puede ver un cuarteamiento de la costra que ha ido saltando a distancias verticales constantes, las tongadas, y cuyos restos superficiales avalarían la construcción calicostrada de la Torre.

10 (25 pág 2).

11 Se repararon daños con técnicas de albañilería que han resultado suficientes para mantener selladas las grietas durante ochenta años lo que muestra la buena estabilidad general de materiales y trabas así como lo apropiado de intervenciones blandas cuando el estado general de los edificios no es delicado.



7 Vista de la tapia sur despellejada con las piedras gruesas al aire



8 Los palos que forman la falsa armadura y las pudriciones de madera

CUBIERTA

La cubierta de madera se construyó a principios del VIII[1] sobre la cabeza de las almenas y hasta la inter-ención de Íñiguez de 1971, tuvo un alero[2] de 90 cm.

La armadura de formación tiene la mayor parte de us uniones mal resueltas, sin ensambles capaces de ansmitir tracciones, por lo que funciona como un onjunto de palos flexionados[3] y hoy dañados, que roducen empujes sólo aliviados por la relativa unión ntre limas, pares y tirantes.

(28 pág 10) ...*Como desde 1668 hasta el final del siglo parece nprobable que se ejecutara la obra, podría afirmarse que ésta tuvo gar entre el final de la Guerra de Sucesión y 1737.*

(25 pág 3) ...*El alero está formado por piezas de madera npotradas en el muro ... con un saliente de 0,90 m. de longitud, 11x0,09 m. de escuadría distanciadas 0,33 m. de intereje...*

(13). La flecha actual dibujada en los planos de sección de la ıbierta de la Torre es de unos 11 cm (1/100).

Intervenciones

En 1920 Simonet desmonta todo el alero y lo rehace tal como estaba[4]. Las reparaciones de pares, limas y tirantes se limitan a los refuerzos metálicos que hoy se observan. La reparación de la cubierta afectó a un buen porcentaje de la superficie, a cabios, tablazón y teja.

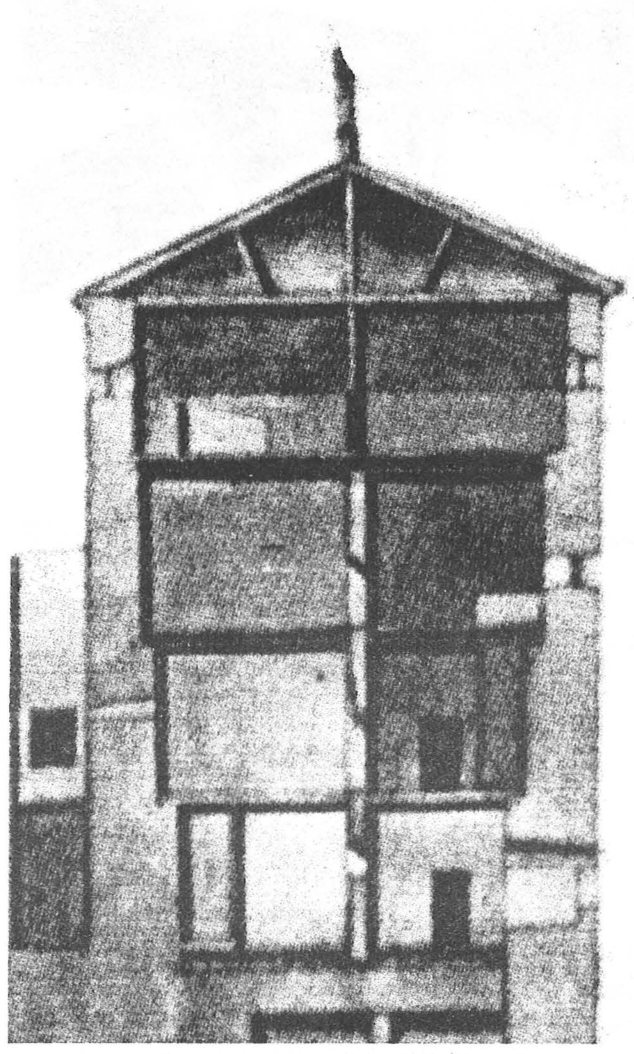
En 1958 Íñiguez realiza obras e inspecciones en la Torre dejando para más adelante la intervención en la zona superior por tener dudas acerca de su restauración[5]. En 1971 emprende esta obra[6] para suprimir *"el feo tejado"* pero, cuando acaba, lo construido

4 (9 pág 1) ...*Si bien es cierto que podría reducirse el costo y las dificultades de construcción disminuyendo el saliente del alero el valor que al edificio se ha dado como ejemplo arquitectónico de su época y su gran importancia como recuerdo histórico obliga en cierto modo a conservarlo...*

5 (17 pág 2) ...*cuando se realizó su limpieza, consolidación y reparación no fue posible definir más que una inexistente azotea como remate...*

6 (17 pág 1 [OBRA PROYECTADA) ...*desmontando la cubierta de teja actual ... y reponer su viejo remate de azotea y adarve con almenas con saliente por una torrecilla octogonal ... como se indica en el plano ... de Spanochi.*[de 1593].

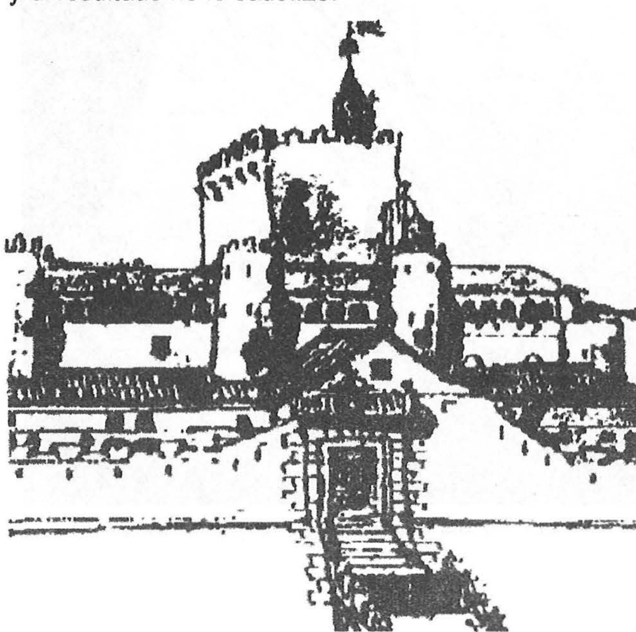
nada tiene que ver con la recomposición de la imagen de Spanochi que había proyectado.



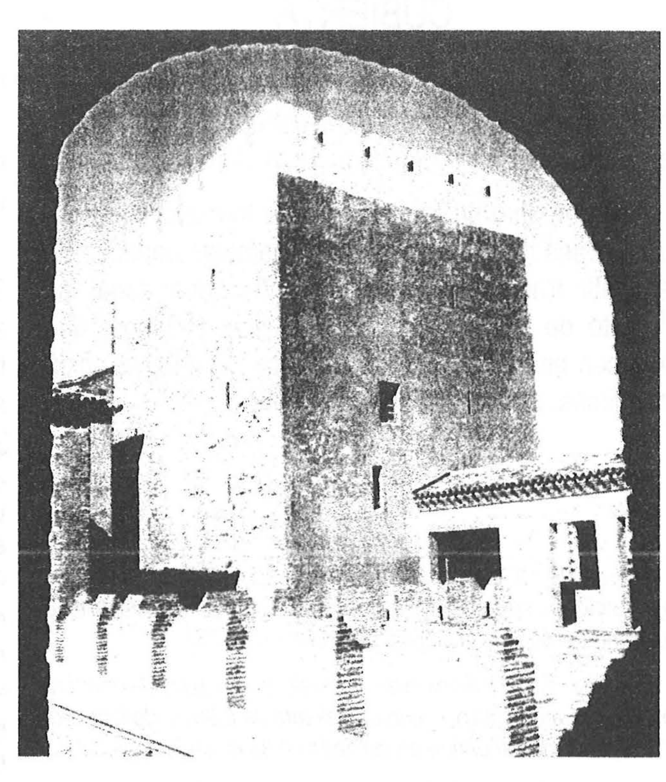
9 La cubierta mantiene el alero hasta Íñiguez (12)

De modo, que si desde 1947 estuvo tomando datos en calas y documentos para abordar una de las partes más emblemáticas del Palacio y sin que hubiera ningún tipo de presiones ni un presupuesto insuficiente cambió de criterio, tuvo necesariamente que encontrar impedimentos de primer orden que alteraran su previsión de tantos años, hasta el punto de no dejar el asunto, siquiera, para mejor ocasión.

Desde luego evacuar el agua de la azotea y apoyar el torreón son cosa problemática. La azotea requiere una rigidez de su base mayor que la que ofrece el viejo forjado de rollizos de madera existente; además, una vez que el agua recorra el terrado, hay que llevarla al terreno, sea por conductos interiores verticales o desde gárgolas; cualquiera de cuyos restos o al menos sus orificios de paso por las fábricas tendrían que aparecer por algún sitio. Por otra parte, el alegre torreoncillo para acceso a la cubierta de los grabados, pesa, y necesita una base de apoyo, cuyos restos también habían desaparecido, eran precarios o nunca existieron. La eterna cuestión, dibujar no es lo mismo que construir. Conseguir el objetivo que se había propuesto debía de alterar elementos igual de respetables que los que recuperaba y el resultado no le satisfizo.



10 Tiburcio Spanochi. 1592 ¿Grabado o realidad?. (12 y 28)

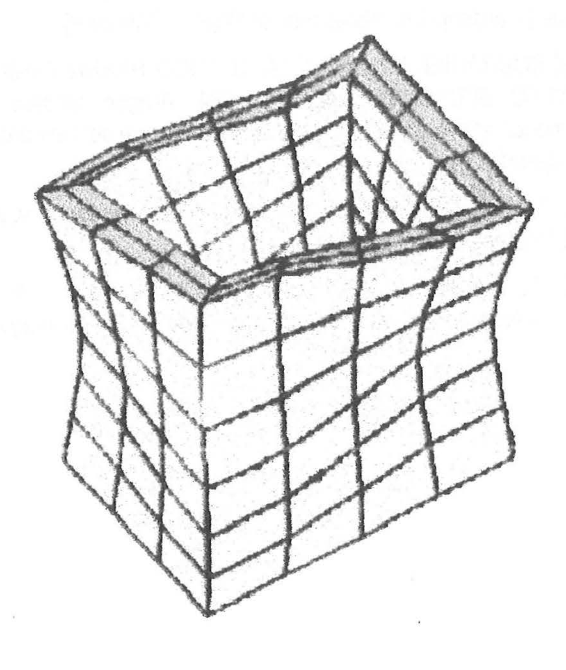


11 La torre desde la intervención de Íñiguez (11)

Íñiguez deja la cubierta que hoy vemos, sin alero y ecortada antes de llegar al borde, donde desagua en un gran canalón que recorre los haces interiores del muro, unas almenas innovadas a una altura superior a las originales y unas visualmente pesadas gárgolas cuyo agua está lavando la pared norte constantemente.

CONCLUSIÓN

De todo lo anterior se pueden extraer algunas conclusiones entre las que apuntaría que buena parte de os daños no se deben a motivos estructurales, como por ejemplo la fisuración de la sillería de alabastro, que la traducción a la mecánica de las descripciones anteriores tiene que ser necesariamente grosera luego la fiabilidad del resultado no está relacionada con la capacidad del modelo sino con la sensatez con que se aplique cualquiera de ellos y que las intervenciones de 1920 y las de la misma índole realizadas en la época de Íñiguez, en las que se sanearon agrietamientos de importancia en las aristas y caras de la torre, han durado hasta hoy sin reabrirse (lo que muestra directamente la estabilidad de os materiales del edificio) y se realizaron con técnicas tradicionales de cosido y revoco (lo que refuerza, si hiciera falta, la validez de los criterios tradicionales de intervención en los edificios de fábrica cuando los daños son reducidos, como es el caso).



12 10° modo propio de vibración. (10) o, la Torre Mora se va de zambra

Legalmente quedaba pendiente justificar si el muro es mecánicamente admisible. En los estudios desarrollados hace diez años cuyos resultados avisaban de cierta falta de estabilidad se había usado, seguramente por falta de capacidad de los ordenadores de entonces, un modelo limitado a una rebanada vertical del muro. Ahora(10) se ha empleado un modelo que contiene al edificio completo. Lo más sencillo para realizar comparaciones era trabajar con el mismo sistema y empleando los mismos datos de entonces y esperar una mejora de resultados por el mero hecho de poner en juego los mecanismos tridimensionales que le confiere a esa torre prismática sus paredes enormemente gruesas[1]. Así se ha trabajado y los nuevos resultados salvan holgadamente los umbrales de aceptación originalmente establecidos.

1 Cada uno de los muros tiene dos inmensos y cercanos contrafuertes que son los propios muros adyacentes transversales. Los forjados y arcos que apoyan en cada planta del interior suponen un importante atado aunque estuviesen sólo sobrepuestos sobre los retallos de los muros. La muralla, ...

TEXTOS ESTUDIADOS:

1 ALBAREDA. 1935. Imprenta Hogar Pignatelli. Zaragoza. *LA ALJAFERÍA. Datos para su conocimiento histórico y artístico y orientaciones para una restauración y aprovechamiento del edificio.*

2 ALGORRI, ELOY Y VÁZQUEZ, MARIANO. *Proyectar con tierra.* Máster de Restauración. E.T.S. de Arquitectura de Madrid.

3 ARCE GARCÍA, IGNACIO *Elementos y sistemas constructivos antisísmicos en la antigüedad...* Actas del primer congreso nacional de Historia de la Construcción, Madrid 19-21 septiembre 1996.

4 ARCOTECNOS. 10 de abril de 1997. *Extracción y descripción de testigos, estudio petrográfico y ensayo de ultrasonidos.*

5 ARCOTECNOS. 5 de mayo de 1997. *Contenidos de sulfatos y carbonatos en la Torre del Trovador.*

6 ÁVILA JALVO, JOSÉ MIGUEL. julio de 1997. *Informe de la Torre del Trovador en el Palacio de la Aljafería en Zaragoza. Análisis de aspectos constructivos de la Torre.*

8 COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE ARAGÓN. 22 de marzo de 1993. *Dictamen relativo a la restauración de la Torre del Trovador del Palacio de la Aljafería emitido a los efectos del recurso contencioso-administrativo num. 1642/90.*

9 COMANDANCIA DE INGENIEROS DE ZARAGOZA. 14 de febrero de 1920. *Informe relativo al proyecto de reparación del Torreón del Trovador en el Castillo de la Aljafería.*

10 DE LA TORRE CALVO, JUAN FRANCISCO. julio de 1997. *Informe de la Torre del Trovador en el Palacio de la Aljafería en Zaragoza. Análisis estructural.*

11 EXPÓSITO SEBASTIÁN, MANUEL y PANO GRACIA, JOSÉ LUIS. 1993. ARTIGRAMA nº 10. Departamento de Historia del Arte. *El palacio musulmán de la Aljafería.*

12 EWERT, CHRISTIAN. 1978-1980.1ª y 2ª parte. Madrider Forschungen. Berlín. Algunos grabados de: *III Die Aljafería in Zaragoza.*

13 FRANCO, LUIS y PEMÁN, MARIANO. Proyecto de Restauración parcial de la Aljafería. Zona Monumental: Torre del Trovador. Zaragoza. Abril 1997.

14 IÑIGUEZ ALMECH, FRANCISCO. junio de 1963. *Memoria de las obras de restauración y exploraciones en el Palacio de la Aljafería de Zaragoza.*

15 IÑIGUEZ ALMECH, FRANCISCO. 1964. Imprenta y Editorial Maestre. Madrid. *La Aljafería de Zaragoza. Presentación de nuevos hallazgos.*

16 IÑIGUEZ ALMECH, FRANCISCO. junio de 1969. *Memoria de obras de consolidación y restauración del Palacio de la Aljafería.- Zaragoza.*

17 ÍÑIGUEZ ALMECH, FRANCISCO. enero de 1971. *Memoria de obras de reconstrucción y consolidación de las murallas externas en el Palacio-Castillo de la Aljafería.- Monumento Nacional.- Zaragoza.*

18 INTEMAC. noviembre de 1989. *Estudio técnico de la configuración estructural y estado actual del Palacio y Torre de la Aljafería en Zaragoza (Fase I).*

19 INTEMAC. julio de 1990. *Propuestas de tipologías de refuerzo y consolidación de distintos elementos estructurales del Palacio de la Aljafería de Zaragoza.*

20 LACE. 22 de mayo de 1997. *Informe sobre ensayos realizados en nueve muestras procedentes del Torreón del Trovador. Castillo de la Aljafería.*

21 MONTEFORTE, MARIO. *Las formas y los días. El barroco en Guatemala.*

22 NAVAL MÁS, ANTONIO. *Arquitectura doméstica del Somontano en el Alto Aragón.*

23 PEROPADRE MUNIESA, ÁNGEL. noviembre de 1990. *Memoria del Proyecto Básico de Restauración de la zona de uso Municipal del Palacio de la Aljafería de Zaragoza.*

24 RUSSO, CRISTÓBAL *Lesiones en los edificios 1951*

25 SIMONET, GABRIEL. 3 febrero 1920. *Proyecto de reparación del Torreón del Trovador en el Castillo de la Aljafería.*(Transcripción manuscrita de Pedro I. Sobradiel).

26 SOBRADIEL VALENZUELA, BLANCO BARRACHINA Y EXPÓSITO SEBASTIÁN. julio de 1984. Aragón turístico y monumental nº317. Zaragoza. *La puerta de la Torre del Homenaje de la Aljafería.*

27 SOBRADIEL, PEDRO I. Seminario de arte aragonés XLVII. *La Aljafería entra en el siglo veintiuno.*

28 SOBRADIEL, PEDRO I. *La Torre del Homenaje de la Aljafería y la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Aragón.*

TORRE DE SAN PEDRO EL VIEJO



13 Alzado oeste de San Pedro el Viejo [1]

Mi toma de contacto con los daños de la torre de San edro se produce a principios de 1991 cuando la omunidad de Madrid me encarga un informe como onsecuencia de un Decreto que la Gerencia Municipal e Urbanismo del Ayuntamiento envía al Arzobispado quiriendo el inicio, en quince días, de la consolidación y el estudio de sus movimientos, de si está estabilizada o se mueve. Esta orden municipal surge como consecuencia de haber detectado, en una inspección de sus servicios técnicos, que la torre tiene un desplome de 50 cm. y agrietamientos en sus muros.

En mi informe, cuyo resumen viene a continuación, justifico que el edificio no se está moviendo porque hay múltiples testigos construidos que lo aseguran, lo que permite aplazar cualquier obra de urgencia. Abogo por realizar un proyecto de investigación histórica, arqueológica, constructiva y geotécnica que oriente acerca de las causas del movimiento y aclare aspectos oscuros, como puede ser la determinación del arranque de la escalera, los accesos a la torre y la localización de silos, criptas y otros huecos subterráneos para que, una vez concluido, se lleve a cabo el plan director de las obras de consolidación y restauración que ese proyecto contemple. El artículo que sigue se completa con la propuesta de proyecto de investigación presentada en noviembre de 1997.

Estamos ante uno de los edificios más emblemáticos del mudéjar de Madrid y situado en una de las zonas en las que la actividad urbana se ha desarrollado desde más antiguo por lo que no es de extrañar que enterrado en su entorno haya puntos de interés que aunque ahora sea razonable costumbre no andarlos revolviendo sería muy conveniente localizarlos por si de detectara algún motivo de desequilibrio potencial.

He incluido aquí este trabajo por ser la forma como suelen comenzar muchos expedientes de intervención.

Informar de los posibles problemas de un edificio es evidentemente beneficioso y, muchas veces, la única manera de que se le preste atención. Todo lo que sigue y la investigación que está en proyecto seguramente no habría tenido lugar sin el aviso municipal indicado y, aunque la torre no tiene síntomas de producir problemas a corto plazo, son notables los daños y, tan necesario como repararlos, es explicar el origen de agrietamientos y desplome, si se movió en algún momento de su historia o si lo viene haciendo paulatinamente. El efecto secundario de estas inspecciones, de sus requerimientos y sus plazos es que fuerzan, –no queda administrativamente otro remedio–, a intervenciones necesariamente apresuradas.

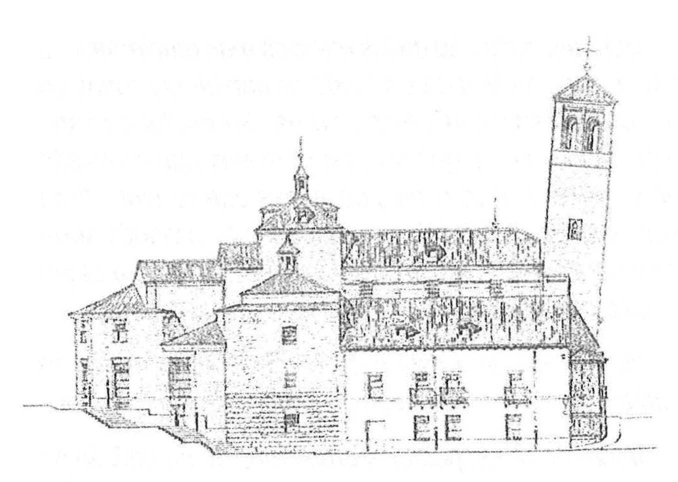
Los planos de los que he obtenido las reproducciones que arecen en este artículo proceden del proyecto de restauración en Iglesia de San Pedro realizado por Amparo Berlinches Acín en 79 para el Ministerio de Cultura. La toma de datos y los dibujos n suyos y de José Sandoval.

APUNTE HISTÓRICO

La iglesia de San Pedro el Viejo es parroquia[1] ya en 1202 y pasó a feligresía cuando, en 1344, Alfonso XI tomó Algeciras[2]. De su origen mudéjar queda la torre, el ábside y alguna cripta. La torre actual es del siglo XIV. La portada de piedra situada a los pies data de 1525 y fue la entrada principal[3] hasta la modificación del trazado de la Costanilla de San Pedro, a mediados del siglo pasado, en que quedó sobreelevada. En el siglo XVII, posiblemente al quedar inserta en la trama urbana generada con el asentamiento de clérigos y gentes de palacio en sus alrededores, se modificó profundamente su fisonomía. Del ladrillo de la iglesia de arrabal se pasó al barroco urbano que hoy se observa[4].

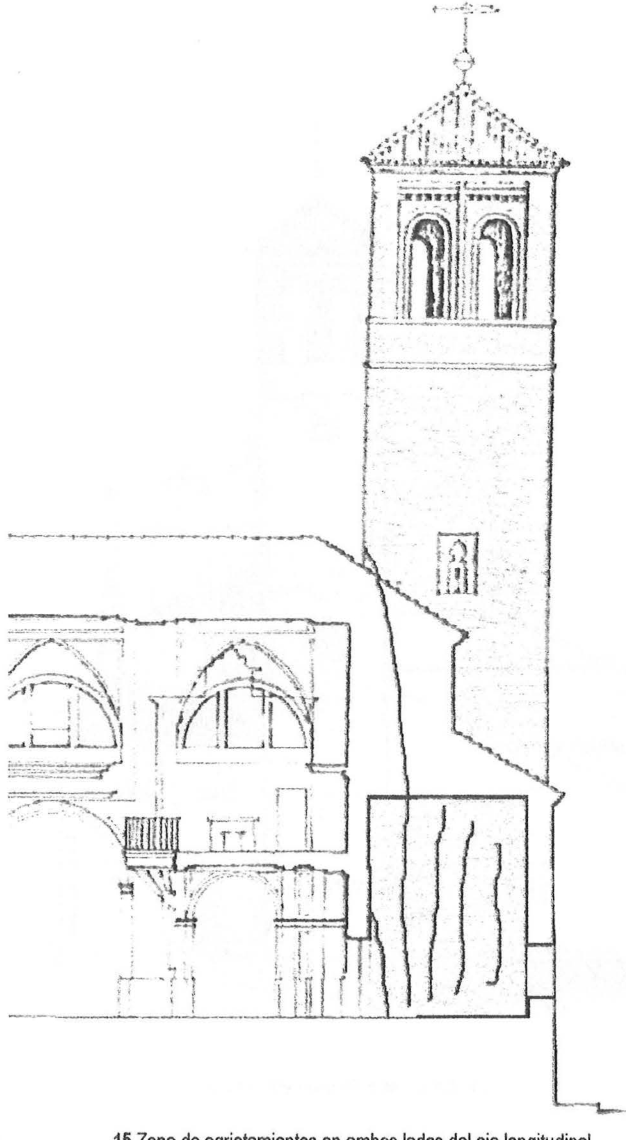
BASE DE PARTIDA

Como queda dicho, todo comienza porque la torre tiene un desplome de 50 cm. y unas grietas.



14 Dirección del desplome de la torre exagerado 5 veces

Cuando la torre gira, se sobrecomprime un lado y se descomprime el otro. Si sigue girando, la descompresión pasa a ser tracción y la fábrica se agrieta. El ángulo en el que esto ocurre depende de la esbeltez. Heyman[5] dice que para las medidas de nuestra torre la primera grieta se produce con un desplome de 1,80 m., tan lejos de los 50 cm. existentes[6], que debemos buscar otra causa para explicar este daño.



15 Zona de agrietamientos en ambos lados del eje longitudinal

Las grietas son verticales y visibles en los dos paños del eje longitudinal de la iglesia y afectan a la parte inferior de la torre aunque alguna sube más arriba.

1 Proyecto restauración S. Pedro el Viejo. Amparo Berlinches Asín. 1980. Memoria página 1.

2 Op. cit. página 1.

3 En el Texeira aparece la de mediodía con aspecto nada secundario.

4 Para más información se puede empezar por: **Virginia Tovar** '*Arquitectos madrileños de la segunda mitad del XVII*', **Ramón Guerra de la Vega** 'Iglesias y Conventos del Antiguo Madrid'.

5 J. Heyman. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica.* 1995. Instituto Juan de Herrera. Pág. 345-354.

6 Durante la edición de este artículo, me informan los servicios técnicos del Arzobispado de que han ido a realizar alguna reparación menor en la cubierta y que de paso han medido un desplome de 70 cm. Aunque no hay datos de dónde midió el Ayuntamiento los 50 y supongo que tampoco, dónde el Arzobispado los 70, estos 20 cm traerán consecuencias a pesar de que no son valores comparativos.

LÍNEAS Y PLAZO DE INTERVENCIÓN

El desplome no es elevado pero las grietas verticales uponen un riesgo potencial importante que eguramente requiera una fuerte consolidación de la arte inferior.

Para el diseño de esta intervención se necesita onocer la composición, resistencia y estado de las ıbricas de la torre, datos sencillos y rápidos de obtener que permitirían haber abordado esta obra rápidamente ero, mientras se desconozca la causa de giros y roturas ue es una labor de información más lenta, no sabremos i lo que hagamos es necesario ni suficiente.

Si se considera que la torre corre peligro, se debe roceder de inmediato a labores de atado que, lanteadas bajo esa óptica de consolidación, excederá, omo es lógico y razonable, el volumen de intervención ecesario por culpa de la urgencia, quedando osiblemente más unidas de la cuenta partes que iempre estuvieron sólo trabadas, con los efectos añinos que esta rigidización suponga a largo plazo o nte vibraciones intensas, pero a cambio seguiremos isfrutando de su presencia.

Para minimizar este inconveniente derivado de la rgencia, resulta más conveniente (si se puede) adoptar ıedidas de seguridad más que consolidar, lo que upone disponer elementos auxiliares más que ermanentes, adosados más que conectados y visibles ıás que ocultos, buscando la eficacia mecánica. Por tro lado, cuando se emprenda la obra definitiva, si no terfieren, permitirán ser usados como estructura rovisional temporal en tanto no esté completa aquella y on más fácilmente desmontables para eliminarlos a la onclusión[1].

Por el contrario, si se considera que no hay riesgo de aídas o roturas en un plazo razonable y una vez formada y aceptada esta opinión, es mejor realizar la ora con más datos. Es una opción más arriesgada orque deja pasar más tiempo hasta emprender los abajos, habiendo escritos que informan de la gravedad, pero a cambio, el necesario deterioro del monumento producido con la ejecución de la obra, será siempre menor y ésta pasará más inadvertida.

La administración, cuando los expedientes se abren de esta manera, suele optar por caminos intermedios cercanos a la consolidación porque tampoco le cabe muchas alternativas. Con la primera opción, de intervención inmediata, se ve obligada a disponer presupuestos extraordinarios por vía de urgencia y, con la segunda, que acaba siendo más costosa (por amplia) de lo que el edificio, si sólo se consolida, demanda, consume presupuesto ordinario que estaba programado para otros edificios.

En la torre de San Pedro hay un buen número de motivos que indican que el riego no es inmediato. La causa de los daños es antigua, como mínimo, desde las obras realizadas hace 150 años. Las grietas no se han alterado desde hace mucho. La torre está contenida en tres de sus cuatro caras por diversos edificios de la iglesia que hacen de contrafuerte provisional en caso necesario. La fábrica carece casi de huecos y su masa es muy uniforme en cuanto a material y aparejo por lo que no tiene líneas de debilidad por las que comenzar una rotura amplia a corto plazo. Por último, no se ha movido absolutamente nada desde que terminaran las obras de Amparo Berlinches ya que hay un buen número de revocos, impostas y otros pequeños elementos realizados durante esa obra de restauración y en contacto con la torre que no han marcado el más leve movimiento en diez años. Por todo ello propuse algo parecido a la segunda opción (parecido porque añado una etapa informativa y reduzco la etapa restauradora[2]) que supongo que está a la espera de merecer entrar en la vía ordinaria de los presupuestos anuales.

Pasamos ya al resumen del informe de 1993 en el que traté de discernir entre distintas causas de los daños para establecer un criterio con el que indagar más adelante, ya mediante herramientas. Sin esta labor previa podría realizarse una toma de datos tan amplia como inútil por no saber lo que se busca, salvo que se confunda datos con información.

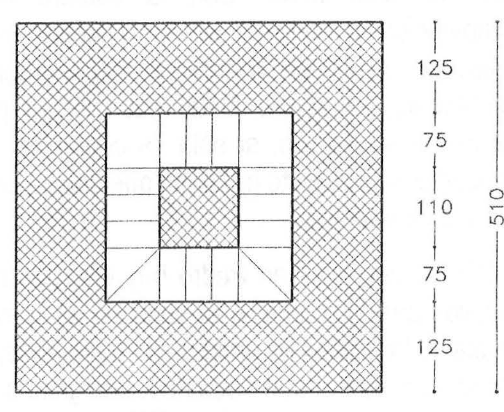
Conviene hacerlos, o exquisitamente cuidados para que formen rte del conjunto (siempre distanciadamente), o –me atreveré a cir– desordenados para que, dada la apariencia de desidia, se te antes de presupuesto al edificio y así se eliminen en un tiempo zonable evitando el frecuente riesgo de que elementos ovisionales pasen a definitivos sin revisiones.

2 La obra de restauración del templo ya ha sido realizada hace diez años (aunque en la torre queden elementos a intervenir pero de poco volumen) mientras que el edificio no está documentado sino tangencialmente a pesar de ser uno de los patriarcas madrileños.

DESCRIPCIÓN DE LA TORRE

Geometría y materiales

Las dimensiones generales del prisma envolvente son unos[1] treinta metros de altura y cinco de base, de modo que su esbeltez es 6.[2]



16 Planta de la torre

Su masa se describe fácilmente, un muro perimetral de 1,25 metros de espesor y un núcleo central cuadrado de poco más de un metro de lado entre los que circula una escalera de 75 centímetros de anchura[3] que desde el coro al desván es de fábrica, con grandes tabicas, bien distinta a la que desde ahí llega a la coronación, de madera sobre arquillos de ladrillo y muy cómoda.

En cuanto a los materiales, toda la obra aparente es de ladrillo. Su aparejo es la definición de lo austero. No se permite otra alegría que la de recercar con ligeros rehundidos alguna de sus ventanas. El campanario, siguiendo el mismo criterio, se limita a disponer los huecos necesarios para su función[4].

La relación constructiva entre torre e iglesia no existe. Son hoy dos edificios que se comunican agresivamente. Salvo el paso que une a la torre con las armaduras de cubierta, los demás son fábricas rasgadas o boquetes. Unos restos de antiguos muros mudéjares visibles desde el exterior y adosados a la torre permiten hacer conjeturas de lo que antiguamente debió de ser una relación cordial entre ambas.

La habitual necesidad de colaboración constructiva de las fábricas para contrarrestar empujes, tampoco tiene objeto ya que las bóvedas y arcos de la iglesia son encamonados. Sólo el tipo de armadura de cubierta –de par y nudillo–, supone un insignificante empuje del faldón testero que muere en la torre.

Funcionalmente, la comunicación entre torre e iglesia se concreta en varios postigos abiertos o condenados.

- en planta baja[5], comunicando con la portada del pie de la iglesia, está el acceso actual a la torre.
- en entreplanta (a tres tiros de los cuatro que forman la vuelta), con una vivienda que hay sobre la portada. Tabicado con panderete de ladrillo hueco sin siquiera un tendido de yeso que lo suavice.
- en la primera planta, con el coro de la iglesia, también tabicado desde hace más tiempo.
- en la segunda planta, con el espacio de las sobrebóvedas, bajo cubierta. Este ha sido de siempre el acceso a las armaduras y es el único que está bien.

La cota de la Costanilla de San Pedro que es la de poniente de la iglesia y la torre, fue modificada hace siglo y medio. La calle, que pasa con mucha pendiente por delante, se vació del orden de metro y medio lo que supuso la inutilización de uno de los accesos principales a la iglesia.

1 La precisión numérica utilizada no necesita ser elevada pues siempre tenemos elementos de más difícil ponderación, como por ejemplo el peso específico de los materiales o la oscilación entre fábricas secas o empapadas. Por otro lado, la conclusión que se extraiga de una valoración como ésta no puede verse alterada por variaciones debidas a matices.

2 Esta esbeltez sería fuerte para Rodrigo Gil de Hontañón que [, a través de Simón García en '*Compendio de Arquitectura y Simetría de los templos*' vía Eduardo Mariátegui: '*El Arte en España*',] establece el valor de 4. No resultaría así sin embargo, para Alberti ['*Los diez Libros de Arquitectura...* '] que admite un valor 6 [véase Santiago Huerta. '...*Tesis doctoral*' página 104, 117 final y tabla 5.2]. En función de edificios existentes conocidos, la torre Asinelli de Bolonia tiene una esbeltez aparente de 12, la de Siena 10, la de La Señoría, en Florencia, 6 y las torres mudéjares de Teruel oscilan entre 4 para San Martín (terminada hacia 1315) y 5,5 en la de la Catedral (hacia 1260). ['Lista del Patrimonio Mundial. *Arquitectura mudéjar de Teruel*. Ministerio de Cultura '].

3 La escalera va apoyando en el núcleo y en el muro perimetral y sirve de arriostramiento de aquél a través de unos arquillos situados en las esquinas.

4 A veces ni eso. La mayor de las campanas de los huecos ha necesitado el rasgado de alguna hilada para poder balancearse. Dentro, en el centro, sobre una estructura propia de madera, está una de las mayores campanas de Madrid, al menos no la he visto mayor con relación al tamaño de la torre, que no se toca desde hace tiempo (se usaba exclusivamente para espantar al diablo).

5 Utilizo el término planta con el significado de vuelta completa de la escalera de la torre.

Conservación

El estado general de las fábricas, el ladrillo, los
norteros, las trabas y las juntas, es impecable[1]. Sólo se
bserva alguna zona de fluencia de las juntas de mortero
eguramente afectadas por alguna carga local de
nportancia o zonas superficialmente dañadas de los
aramentos exteriores donde lluvia o viento azotan con
nás ahínco, pero poco más.

En la parte baja de las caras norte y sur hay
grietamientos en los que existen testigos de yeso de
echa 19 de abril de 1990 que no han abierto en ninguno
le los casos. Varias de estas grietas están retacadas
on morteros viejos[2].

El acceso a la torre ha sido ensanchado o es nuevo
a que la embocadura de la fábrica de ladrillo está
angrada en las dos jambas.

El peldañeado de la escalera, desde este acceso
asta el nivel del coro, está desmantelado y debe subirse
or un talúd en el terreno. El núcleo central, en esta
arte baja, está debilitado porque se le ha quitado en el
ontorno un espesor del orden de medio pie[3].

En los dos pisos inferiores, la cara visible de los
uros interiores es tosca, como si el ladrillo se hubiera
evestido con un mortero basto de cal. Cosa que no
curre desde esa altura hasta la coronación, donde a la
ómoda escalera de madera acompaña un paramento de
drillo visto correctamente aparejado como el de fuera.

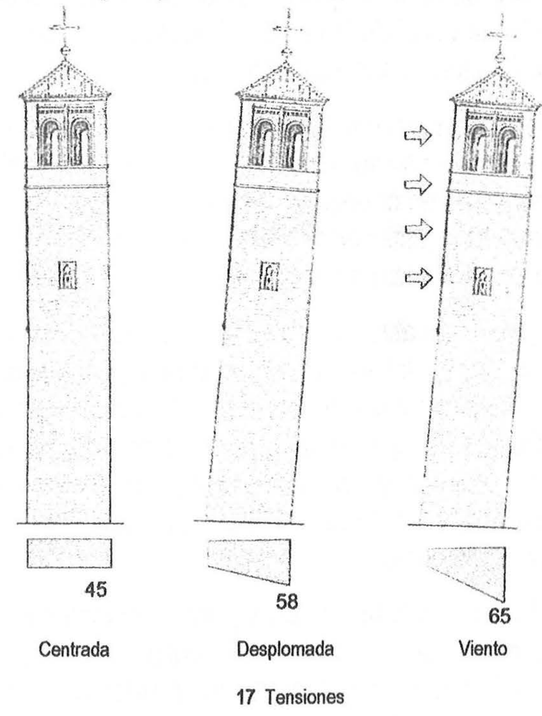
Deberá establecerse si ese tramo inferior tuvo
scalera –a lo que apuntaría la existencia de un dintel de
adera en el acceso a la torre por la planta baja– o, si
or el contrario, no la tuvo –lo que se vería avalado por
l hecho de ser visible el terreno por el que se comienza
ascensión y el que las paredes interiores del muro
erimetral estén realizadas con fábrica sin desbastar
vestida y no con el ladrillo del resto–.

A pesar de la colocación de mallas metálicas en el
ampanario (bien construidas y conservadas), siguen
entrando y anidando palomas ya que las troneras de los
huecos inferiores no han sido protegidas y permiten
fácilmente su paso al carecer de rejilla que lo impida.

ANÁLISIS DE LA TORRE

Las tensiones

Se parte de la torre aplomada y sin agrietar apoyada
sobre un terreno homogéneo[4]. El rectángulo envolvente
de la planta de la torre tiene 26 m^2 en los que los muros
perimetrales y el núcleo sólo ocupan 20,5 m^2 por lo que
–si se asigna a la fábrica un peso específico entre 1,8 y
2,0– resulta una densidad aparente de 1,50. Al ser la
altura 30 metros, la presión en la base es de 45 t/m^2 o
sea, entre 4 y 5 kp/cm^2.



17 Tensiones

El desplome de 50 cm supone que la resultante del
peso (supuesta en el centro geométrico del alzado) se ha
desplazado 25 cm., por lo que las tensiones en la base
suben a 58 t/m^2 ~ 6 kp/cm^2 en el borde más solicitado[5].

El viento actuando en el sentido del desplome
incrementa los esfuerzos anteriores un 10 % llegándose

Siempre excluyendo zonas agrietadas o mal intervenidas.

Llevadas a cabo en el transcurso de unas obras menores
alizadas después de la guerra civil.

Parece hecho con la intención de permitir el apoyo de una nueva
calera en sus tramos inferiores desaparecidos. Trazado que debe
r un mero tanteo de replanteo de los tiros de escalera que faltan
que al quedar en desacuerdo con los huecos de puertas y
ntanas fue felizmente abandonado.

4 Distribución uniforme de tensiones.

5 Para ello he supuesto que la excentricidad de la carga, de 25 cm, actúa sobre el área resistente de la base lo que eleva un 30% las tensiones respecto de las obtenidas cuando la carga se supuso centrada. $N/A + 0{,}25 \cdot N/W = N/A \cdot (1 + 0{,}25 \cdot 6/5{,}00) = N/A \cdot (1 + 0{,}30)$

así a un valor de 65 t/m², o sea, de 6 a 7 kp/cm².[1]

La iglesia no produce empujes contra la torre de modo que no hay que modificar los valores anteriores.

Todo lo anterior se vería incrementado del orden de un 25% si se considera que el terreno compacto del hueco de escalera carece de propiedades resistentes.

En consecuencia, la torre esta bien diseñada en sus proporciones y dimensiones puesto que aunque no se conozca aún la resistencia de los materiales los valores obtenidos no son fuertes para producir esos daños en una fábrica de ladrillo

El giro

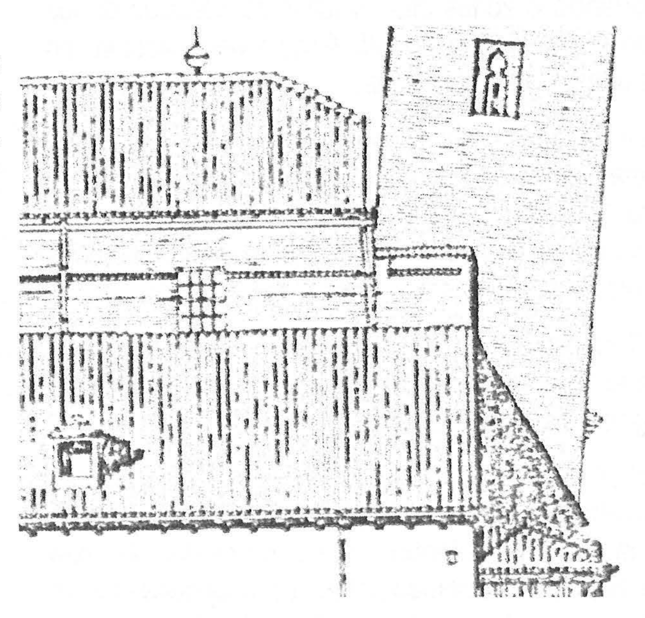
La torre sufre un desplome[2] de 50 cm. en la dirección del eje longitudinal de la iglesia. Este desplome supone 1/60 de la altura o aproximadamente 1°.

Para que aparezca la primera grieta el desplome debería estar en torno a los 3,5° lo que supone 1,80 m de movimiento en cabeza y, para volcar, entre 7° y 10° por lo que está justificado afirmar que las grietas distan mucho de ser causadas por el giro.

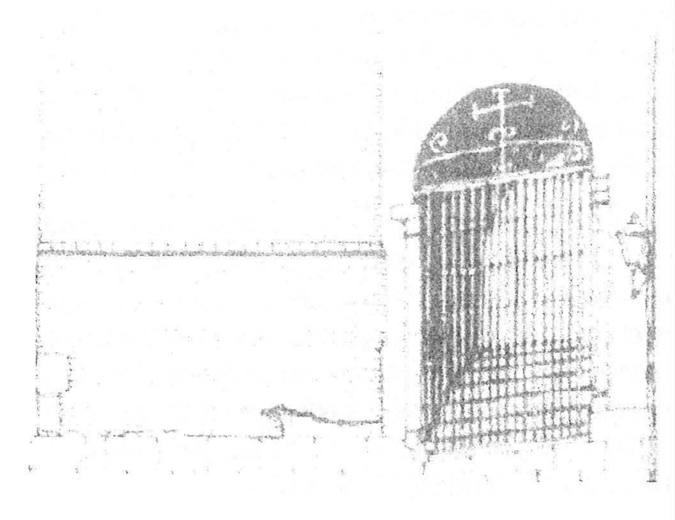
Es poco probable que todo ese desplome se deba sólo a un giro en la base ya que estará también causado por la propia deformación del fuste. También es poco probable que ese giro en la base se haya producido en un plazo breve a raíz del cambio de cota de la Costanilla hace siglo y medio. Para justificar estas conjeturas me baso en lo siguiente:

En lo que respecta a si el desplome proviene sólo de giro se puede decir que, los seis siglos de existencia obligan a deformaciones diferenciales de los morteros de las distintas fachadas, aún a igualdad de distribución de masas, derivadas de las diferencias climáticas. Otra cosa es que giro en base y deformación en fuste tengan casualmente la misma dirección.

Por otro lado, si el desplome fuera sólo debido a tal giro se apreciaría un despegue entre torre e iglesia del orden de 25 cm a la altura de la cubierta (por estar a media altura) que no pasaría inadvertido. Además, el giro que produce desplome también produce descenso de la fachada que resultaría ser de unos 10 cm,[3] –casi dos hiladas de ladrillo–, y tampoco se aprecia ese desnivel.



18 Consecuencias del desplome en la separación de la iglesia



19 Consecuencia del desplome como descenso local

Que se produjera todo durante el vaciado de 1850 es muy dudoso porque este mismo descenso de casi 10 cm. que se acaba de obtener, visto desde la cara oeste, hubiera arrastrado a los elementos colindantes de la torre. Por ejemplo, la portada de poniente habría sufrido

1 La cara opuesta a la dirección del desplome tiene 5 m de ancho y está expuesta al viento en los 12 m superiores lo que supone 60 m² con una presión de 100 kp/cm², o sea, 6 t. La distancia de esta resultante al suelo son 24 m y, en consecuencia, el momento de viento es de 144 m.t que supone un aumento de excentricidad de 12 cm., lo que justifica el incremento del 10% sobre el total anterior.

2 Valor reflejado en un decreto de Gerencia Municipal de Urbanismo.

3 Si la altura es de 30 m y se ha desplomado 50 cm, la anchura que es de 5,00 m ha descendido 50cm · 5,00/30 = 8.33 cm.

daños muy visibles por no decir su caída[1]. Quedaría constancia de su reparación o del desmontado y reconstrucción o, de haber quedado así, se apreciaría hoy una deformación con una magnitud de buena parte de esos 10 cm consistente en un desnivel entre el apoyo izquierdo del arco y el derecho.

En consecuencia opino que, el desplome no es sólo consecuencia del giro en la base ni se ha producido en breve plazo como consecuencia del vaciado de la Costanilla de San Pedro, se ha ido desplomando todo y desde hace muchos siglos.

Las grietas

Las grietas están fundamentalmente en las dos caras laterales, o sea, las de norte y sur. Son similares a ambos lados y abundan entre las cotas 3 a 6 metros medidas desde la mitad de la fachada de la torre. Casi todas son verticales y viejas como lo muestra el redondeo de los ladrillos de los labios de varias de ellas y morteros antiguos con que se han sellado aunque haya otras aparentemente más recientes. De los testigos colocados en el año 1990 no ha abierto ninguno. Tienen un espesor superior al centímetro y muestran movimiento exclusivamente horizontal.

Si todo esto ocurre mirando a la torre desde fuera, al hacerlo por la escalera interior no se observa nada, sea porque no ha habido daños, sea porque el revoco basto que se le ha dado las tapó y no han vuelto a abrir.

Pueden tener varios orígenes: uno podría ser el efecto de la descompresión producido al vaciar la calle, otro, la presión ejercida tanto por el terreno situado en el interior de la torre (que como se ha dicho hay que escalar por él antes de que empiece la escalera), presión que aumenta cuando se inunda o inundaba la parte baja, ascendía por capilaridad, y conseguía romper la obra, un tercero, un rayo que al caer en la torre evapora instantáneamente el agua que empapa su interior de tierra de la parte baja y la presión ejercida por el vapor produce el reventamiento y, el último, el balanceo de la gran campana central.

No encuentro probable que, al hacer la obra de descenso de la Costanilla, se produjera esa serie de grietas ya que su rotura inmediata habría obligado a tomar alguna medida de contención en la torre, además, las grietas están a demasiada altura de la calle por lo que, al menos, tendrían que seguir para abajo y no se aprecia. Cosa parecida ocurre con el rayo ya que volveríamos a la necesidad de obras de contención urgentes de las que no hay noticia. Pero si la causa es el intento de la torre a acompañar a la campana en su movimiento pendular estaríamos ante una causa de efecto lento y con daños producidos a una altura razonable ya que el empotramiento de las fábricas en el terreno impide ese deshoje más cercano al suelo por lo que tiene que hacerlo a un poco más de altura, donde están.

Finalmente, las dos grietas –una a cada lado (sur-norte)– que desde el suelo van curvándose al subir llegando a la cota de la cubierta de la iglesia y visibles desde la calle, cuya importancia las lleva a atravesar el muro de la torre (son las únicas visibles por el interior) pueden formar parte de la familia general siendo las que marcan la separación mecánica entre torre e iglesia o pueden ser reflejo de otro posible movimiento: el producido por la existencia de huecos bajo rasante –criptas o socavones– hacia el interior de la iglesia, que haya supuesto, o esté suponiendo, un cedimiento de la fábrica en esa dirección.

La cimentación

Las tensiones obtenidas antes son en principio admitidas por una fábrica estándar pero no por un terreno habitual. Suponiendo que éste admitiese en la cota de apoyo de la cimentación una tensión de 2 kp/cm² necesita una zapata de 8 metros de lado si se la supone cuadrada, en consecuencia sobrepasaría en más de un metro el perímetro de la base.

Hoy se puede acceder a una pequeña cripta situada al noroeste de la torre a la altura de un primer sótano, con sus paramentos muy cercanos a los de ella por lo que de haber zapata estaría a más profundidad ya que en este sótano no aparece el retallo.

En conclusión, la torre, como es lo razonable, no parece cimentada someramente, al menos hay constancia de un primer sótano donde los paramentos siguen bajando sin ensanchar, además, en sus

1 El edificio en el que se encuentra la portada tiene un tercio de la altura de la torre. En consecuencia, las fábricas y sus cimientos están más descargados, por lo que puestos a plantear asientos serían mucho mayores bajo la torre que arrastraría a la esquina del edificio adyacente.

cercanías hay construcciones subterráneas, accesibles o no que unen su interés arqueológico al minado del terreno. El agua ha sido acompañante del subsuelo y arranques de las fábricas.

El terreno y las construcciones subterráneas

El terreno tiene mucha arena y la Costanilla de San Pedro, como el resto de las calles que desembocan en la Calle Segovia, son originariamente torrenteras[1]. Como la torre lleva al menos seiscientos años sin asientos relevantes, necesariamente está cimentada en capas suficientemente profundas como para que no la hayan afectado las pendientes de las calle o los posibles lavados de arenas subterráneas.

En conclusión, tanto si el terreno donde se ha realizado la cimentación es de muy alta calidad, como si el terreno admitiera la carga gracias a la dimensión de la zapata o gracias a su confinamiento, la causa de las grietas resulta difícilmente achacable, en principio, a él.

Hay constancia de una antigua cripta sin acceso identificado que se rellenó –tengo mis dudas– con hormigón en masa hace unos treinta años pensando en resolver los problemas de estabilidad de la torre. Estaba situada cerca de la torre y dentro de la iglesia.

También hace treinta unos años, se cerró un hueco, a la altura de la rasante de la Costanilla de San Pedro, a los pies de la torre, por donde entraba el agua de escorrentía de la calle sin límite de aforo.

PAUTAS

En términos generales nos encontramos ante un elemento conceptualmente correcto con las fábricas en buen estado general de conservación. Los movimientos, que comenzaron posiblemente desde su construcción, como el desplome, están dentro de límites admisibles y lejos, no ya de producir la caída, sino de agrietarla. Hay importantes y delicados agrietamientos en la zona baja de la torre que afectan a los muros perimetrales y también está destrozado el perímetro del núcleo central de la torre a lo largo de la planta inferior afectando al 30% de la sección. No existe escalera en sus tramos inferiores dejando visto un relleno sobre las fábricas de cimentación. Los pasos a la torre han sido agrandados o abiertos o cerrados, sin respeto. Hay múltiples mechinales hoy sin uso. La escalera tiene restos de tendidos de instalación eléctrica, de piezas de campanas, de veletas y de nidos de palomas.

El terreno y las fábricas enterradas o de cimentación no ofrecen duda inicial de su buen comportamiento general. En todo caso, son responsables de una parte del leve movimiento de desplome al cabo de los siglos. Existe la posibilidad de que el terreno haya podido o pueda estar socavado y tiene criptas, galerías y enterramientos, unos accesibles y otros ocultos. Las cotas de los suelos, de calles e interiores, han sido modificados. Se han hormigonado zonas del subsuelo que pueden haber formado bulbos rígidos o lastres.

Como es de razón, hay que restaurar la torre y además debe de ser consolidada. Está plagada de daños, unos pequeños y otros mayores, que en conjunto afectan seriamente a su durabilidad. No es necesario llevar a cabo una actuación de urgencia en la torre y conviene realizar una etapa informativa en las diversas ramas de interés que alberga, dejando la consolidación para realizarla con el conjunto de las obras de restauración a la espera de disponer una documentación que permita una intervención ajustada.

En cuanto a este estudio, la torre, el edificio y la zona urbana en que se ubica son una reliquia de la historia madrileña. El edificio alberga datos de amplio interés que no se ciñen al subsuelo: Enrique Nuere, por hablar de la cubierta, ha documentado su posible armadura original[2].

En cuanto a la forma de llevar a cabo el trabajo de campo, la torre es independizable funcionalmente de la iglesia, tiene acceso independiente por la calle del Nuncio y por la fachada norte (bajando por la Costanilla de San Pedro) de modo que no se afecta a las funciones litúrgicas.

En cuanto al contenido, hay que conocer la localización y dimensiones de los vacíos construidos y

1 La pendiente de la Costanilla es fuerte y en dirección perpendicular a la del desplome. Sin embargo, en esa dirección no se observa giro perceptible, lo que hace suponer en principio que el asiento del terreno no ha influido en el desplome de la torre y que la profundidad a la que se ha cimentado ha resultado adecuada.

2 Enrique Nuere Matauco. '*La armadura de lazo de la madrileña iglesia de San Pedro*' Separata de Academia. Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando. Madrid 1994

naturales del subsuelo, las características del terreno y sus posibles vías de agua, la geometría y composición de la cimentación y su estado de conservación así como la composición de las fábricas de los muros y las trazas constructivas perdidas de algunos elementos de la torre y de la iglesia para el entendimiento y la restauración de las piezas dañadas. ¿Quién nos dice que la escalera de la torre no seguía bajando hasta los sótanos que aunque sea poco frecuente permitiría por ejemplo acceder a esas criptas y que, hace años, alarmados por las grietas, la cegaron con tierra compactada?

- o -

Propuesta de proyecto de investigación 97

Como complemento del estudio anterior se me encargó, por parte de la Comunidad de Madrid, un proyecto de investigación para llevar a cabo la documentación indicada en aquel informe y que también resumo a continuación.

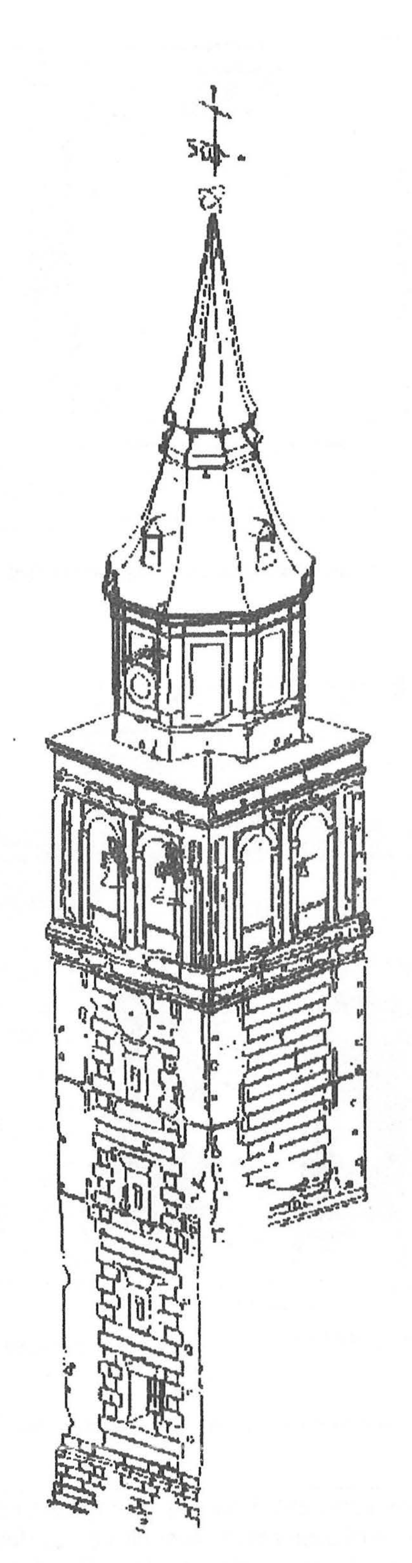
En recientes visitas que he realizado, con el ánimo de incorporar a este trabajo de investigación a personas de validez contrastada en sus respectivos campos y cercanas por unos u otros motivos al edificio o que disponen de medios y conocimiento para llevar a cabo el necesitado análisis de la torre, he podido observarlo de nuevo, pasados cuatro años desde que realicé el informe sobre el estado de la torre. Las propuestas de actuación que en aquél hice pueden seguirse manteniendo en líneas generales, ya que la documentación fotográfica obtenida entonces podría haberse realizado estos días sin ninguna diferencia (no se ha producido aumento de grietas ni de su longitud, por ejemplo). El edificio no se ha movido en este tiempo. Esta muestra visual ve aumentada su fiabilidad cuando se observa la absoluta falta de daños en las múltiples zonas de contacto que, a modo de testigos, existen entre la obra de restauración de Amparo Berlinches, de hace ya más de diez años, y la torre y que fueron una de las circunstancias en las que se basaba el aplazamiento de la consolidación.

En este sentido, indico aquellos aspectos que se han considerado importantes para desarrollar una línea de investigación analítica de la torre.

- -Estudio en el que se contemple la historia desde la construcción del edificio hasta hoy, las distintas etapas constructivas del templo y las urbanísticas del entorno que no hará sino cubrir una deuda obligada para con uno de los edificios más antiguos de Madrid del que casi se ha hablado sólo en un contexto más amplio. Estudio descriptivo del estado actual, análisis estilístico de las etapas constructivas documentadas, análisis comparativo con edificios similares y estudio histórico de la zona.
- -Esta labor historiográfica se completa arqueológicamente con el estudio de los elementos del subsuelo, con la lectura e interpretación de paramentos y con un estudio de los dos materiales que conforman la torre: ladrillos y madera. Su estudio busca un seguimiento de las etapas constructivas de la torre a través de sus materiales y paramentos interiores y exteriores.
- -Para el estudio mecánico que valore daños y movimientos de los muros, la toma de datos se concentra en la parte baja de la torre midiendo las variaciones tensionales y su distribución a fin de disponer de un testigo, mucho más sensible que cualquier otro en este tipo constructivo y repetible en el futuro si se desea confirmar la movilidad del edificio antes de la aparición de los daños. Este estudio contemplará el efecto de las oscilaciones de la campana en la parte baja de la torre.
- -La búsqueda y ubicación de huecos subterráneos y de la cimentación que puedan estar influyendo en el proceso de alteración tiene una primera fase de búsqueda por medios ondulatorios hasta donde sea posible (lo que dada la distribución de masas constructivas y las zonas accesibles no es mucho) pero que sirve de apoyo para la localización de los sondeos con los que se ubicarán de modo certero pero más costoso.
- -La determinación de aspectos constructivos concretos y localizados se realiza con calas y extracción de testigos a partir de los acercamientos realizados con los procedimientos anteriores.

El trabajo se completará con la propuesta de intervención reparadora a partir del estudio de la información obtenida en términos de plan director.

TORRE DE SAN PEDRO AD VÍNCULA



20 Fachada suroeste. Levantamiento fotogramétrico [1]

Este es un resumen de la intervención llevada a cabo durante el año 1997 en una primera fase de urgencia planteada para la consolidación de la torre y, en la que varios de sus elementos, perecían encontrarse cercanos a la caída. Durante el verano de 1998 se está acometiendo otra fase que afecta a algunos aspectos dejados en aquella, aunque no todos. Al no haber concluido y no ser tampoco la obra definitiva, su descripción no se ha incluido en este artículo.

Esta torre no se construyó de una sola vez. Inicialmente alcanzaba sólo hasta el campanario y junto al resto de la iglesia, debió ejecutarse con traza mudéjar. El ochavo y el chapitel son obra posterior que duplica la altura inicial y deben fecharse en la época en la que se realizaron importantes obras de enriquecimiento consistentes en esta sobreelevación, en el revestimiento de la fachada principal y construcción de las portadas e, interiormente, en la construcción de bóvedas encamonadas tapando la armadura de par y nudillo. El campanario debió también embellecerse chapándolo con fábrica de ladrillo y marcando relieves y resaltos, para darle más protagonismo. Esta Intervención parece deberse a Ventura Rodríguez.

Dada la elevada degradación constructiva de la parte alta de la torre hubiera sido más seguro y nada descabellado desmocharla para dejarla en su altura inicial además de técnicamente aconsejable proteger a la fábrica del cuerpo de campanas y del ochavo (que nunca fue de ladrillo visto en este campanario) con un revoco. De este modo se habría estabilizado el deterioro que ahora tiene. Restos hay de viejos revestimientos que se conservan aún en algunas zonas que por estar a resguardo no se han llegado a caer del todo. Pero ni esta labor de desmochado ni la de revoco parece que eran públicamente convenientes –criterio éste más potente que el que se consigue a través del estudio, observación y consulta de la opinión que los expertos tienen acerca de las cosas–.

La intervención realizada, como se verá, es muy agria como lo es la situación en la que se encontraba el edificio. La incluyo aquí en lo que pueda tener de interés dar respuesta concreta a los problemas detectados. Entre las muchas facetas que tiene la intervención en lo construido una consiste en determinar las causas de los daños y después proyectar algo que tienda a solucionarlas y repararlos.

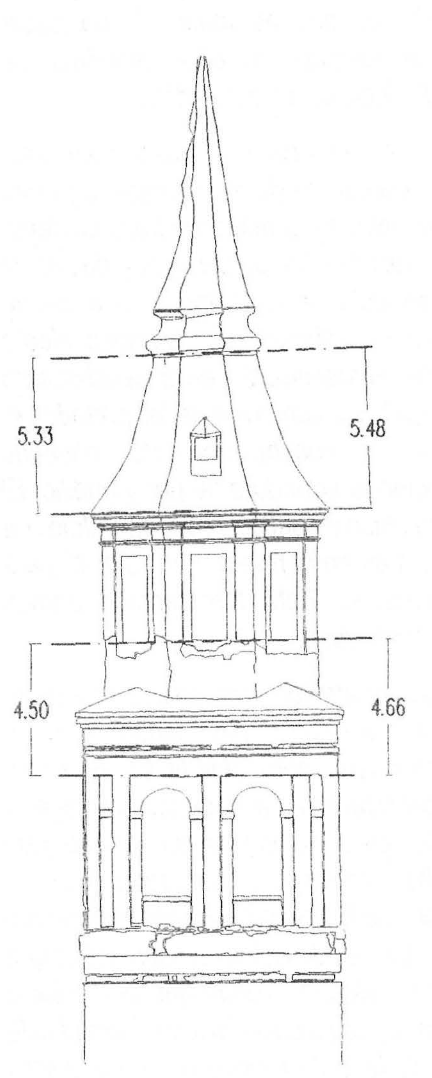
Alguna de la información gráfica que se incluye en este artículo ;a como base el levantamiento fotogramétrico de la torre que ha do realizado por Leandro Cámara y Pablo Latorre.

SITUACIÓN DE INESTABILIDAD

El motivo de esta intervención urgente en la torre de la iglesia de San Pedro ad Víncula de Vallecas es dar solución a tres daños muy graves que afectaban al equilibrio de elementos esenciales.

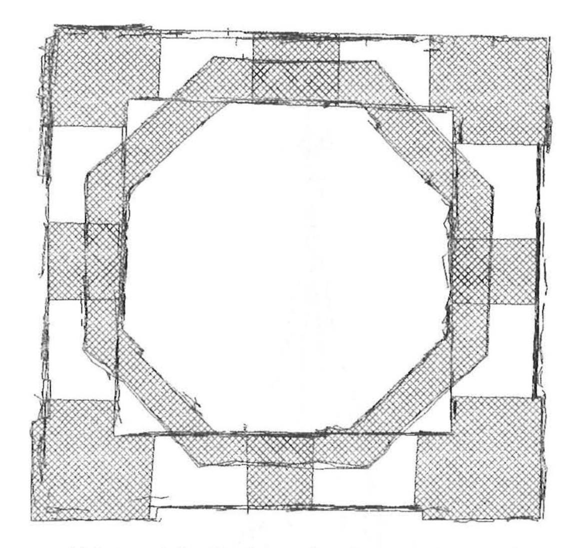
El primero, son los fuertes desplomes que hay en general y que llegan a ser del orden de quince centímetros en una de las esquinas de la cubierta del campanario con respecto a las otras tres.

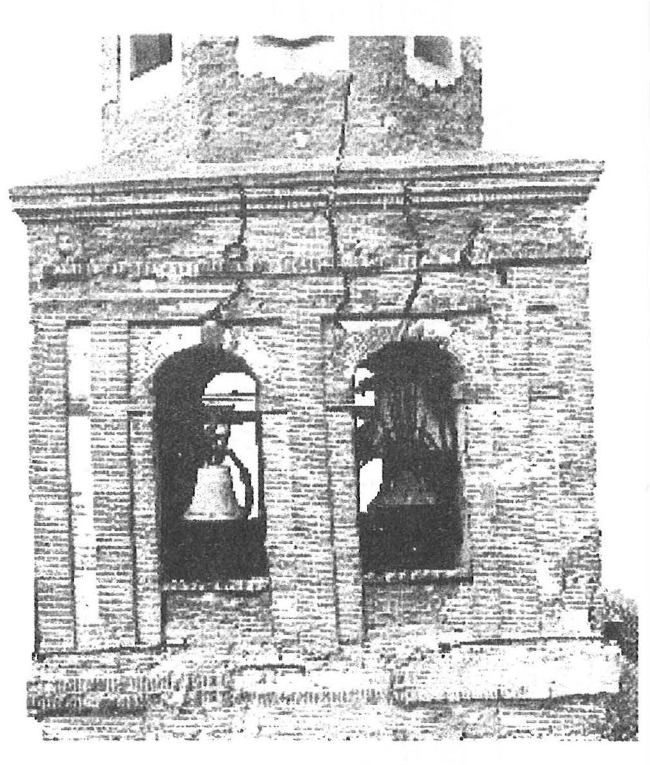
Estos daños se deben a las sobrecompresiones locales derivadas de la acción del viento, al mayor azote de agua en la orientación suroeste y al deterioro desigual del ladrillo y de la madera.



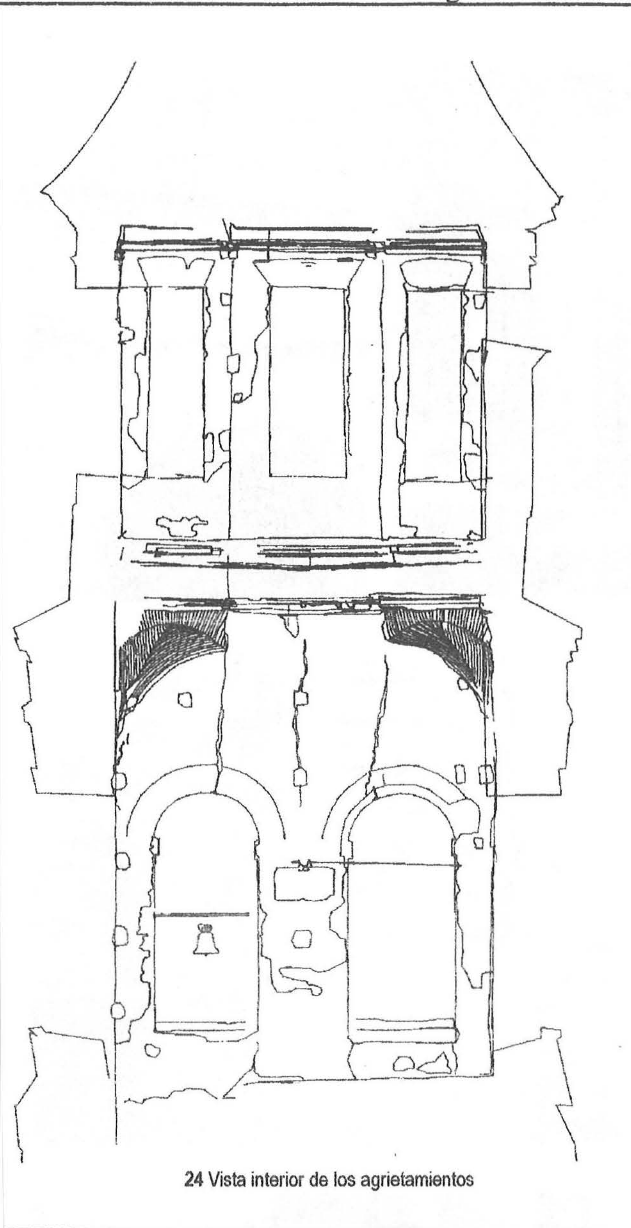
21 Aplastamientos diferenciales entre las esquinas en ochavo y chapitel

El segundo, es el incorrecto diseño del apoyo del ochavo sobre el cuerpo de campanas, ya que su peso gravita casi por completo sobre los machones centrales dejando los de esquina prácticamente descargados, lo que unido a la menor dimensión de aquellos, produce unas tensiones exageradamente distintas entre ambos y un descenso diferencial entre caras y esquinas de cinco a diez centímetros, con el resultado de importantes agrietamientos y empujes. Tales movimientos han arrastrado y descolgado a las pechinas que realizan la transición entre la planta cuadrada del campanario y la octogonal superior del ochavo.


22 Superposición del ochavo sobre el campanario en planta


23 Descenso del machón central y agrietamiento a cortante[1]

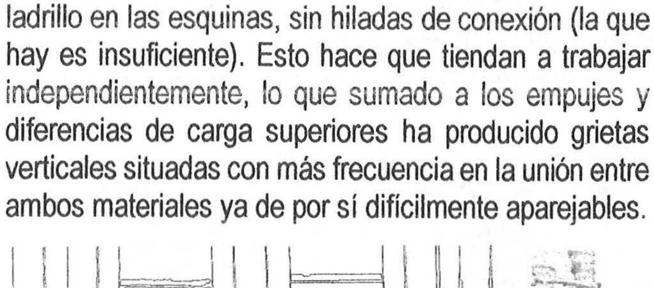
1 Esta fotografía, como casi todas las que aparecen en este artículo, pertenece a mi buen amigo Javier Álvarez, que fuera Jefe del Departamento de Protección de la Edificación en el Ayuntamiento de Madrid y que ahora está, después de varios trasvases, en CGS, empresa adjudicataria de las obras de la torre. Gracias a ello hemos gozado de su impertinente prudencia. Su conocimiento y su sentido común han tenido mucho que ver en los asuntos que aquí se relatan.



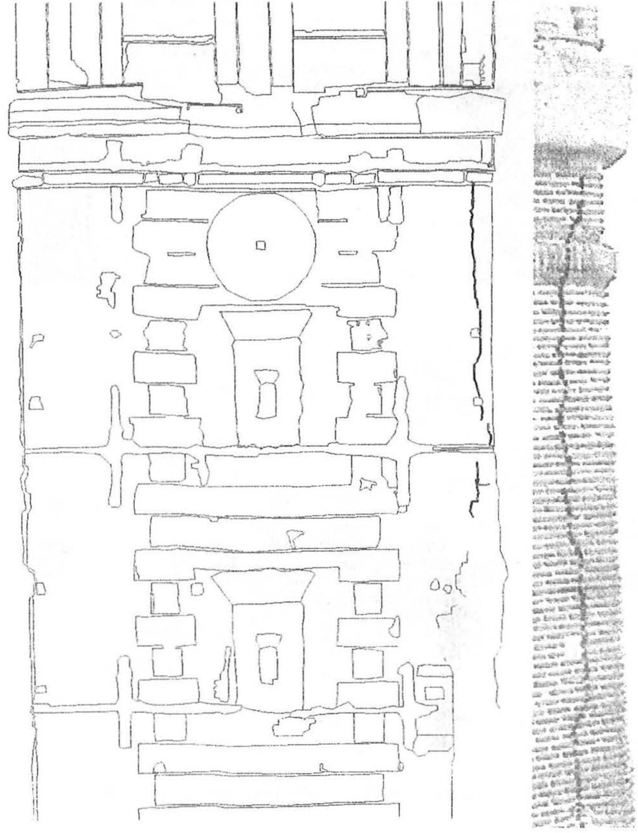
24 Vista interior de los agrietamientos

25 Pechinas

El tercero[1], es haber empleado para la construcción :l cuerpo general de la torre, pedernal en las caras y



ladrillo en las esquinas, sin hiladas de conexión (la que hay es insuficiente). Esto hace que tiendan a trabajar independientemente, lo que sumado a los empujes y diferencias de carga superiores ha producido grietas verticales situadas con más frecuencia en la unión entre ambos materiales ya de por sí difícilmente aparejables.



26 y 27Cuerpo inferior. Pedernal y ladrillo. Grietas verticales

En antiguas reparaciones se redujeron los huecos de ventanas que quedaron como respiraderos. Todo esto puede observarse en la figura 26, donde también se aprecia que el centro ha descendido respecto de las esquinas de ladrillo como consecuencia[2] de la mayor carga de los machones centrales.

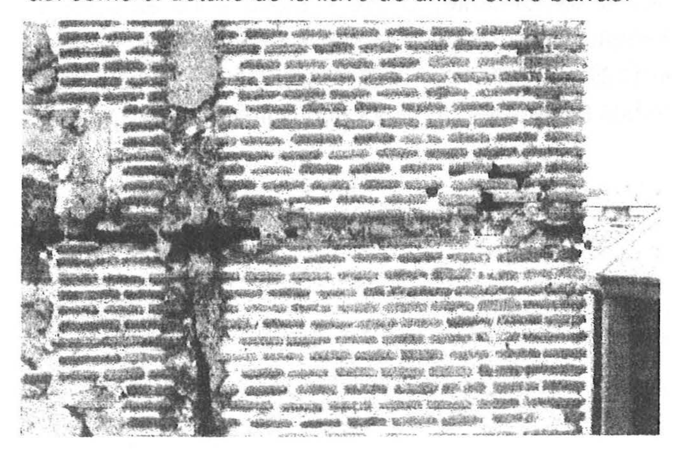
La grieta de la figura 27 es una de tantas que discurren por las paredes, en este caso no entre los dos materiales sino a un pie del borde.

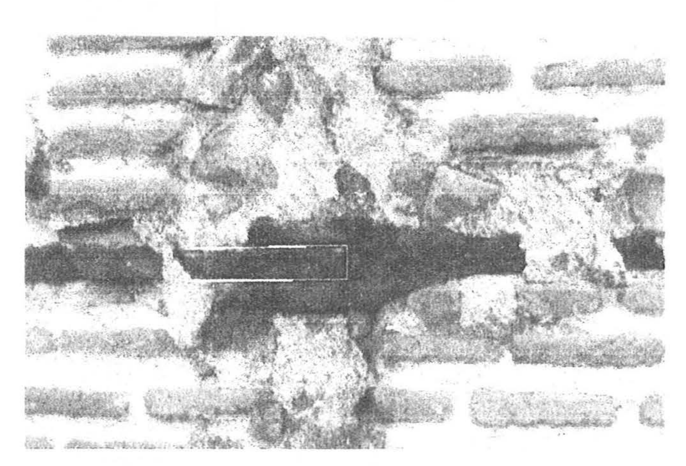
Otra muestra de antiguas reparaciones en esta parte de la torre consiste en anillos de forja que la abrazan cada cierta altura hasta llegar al campanario. En el alzado fotogramétrico de la figura 26 se observa el trazado horizontal del zuncho con las grapas realizadas

Naturalmente, este orden es sólo descriptivo.

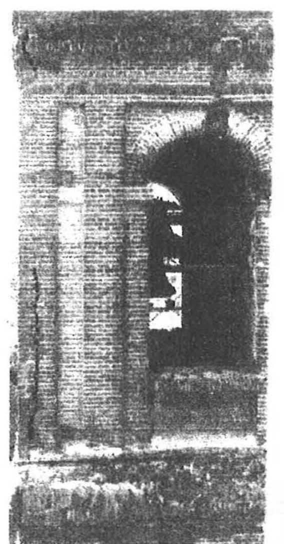
2 La diferente rigidez entre la zona de piedra y la de ladrillo produce también un descenso diferencial (del mismo o distinto signo) que podría haber entrado en juego.

en la cercanía de la unión entre el ladrillo y el sílex y, en la figura 28, se añade una vista parcial de uno de ellos así como el detalle de la llave de unión entre barras.

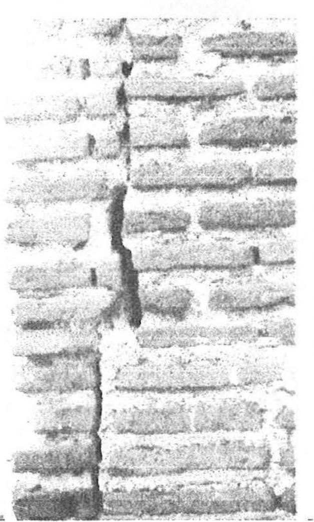




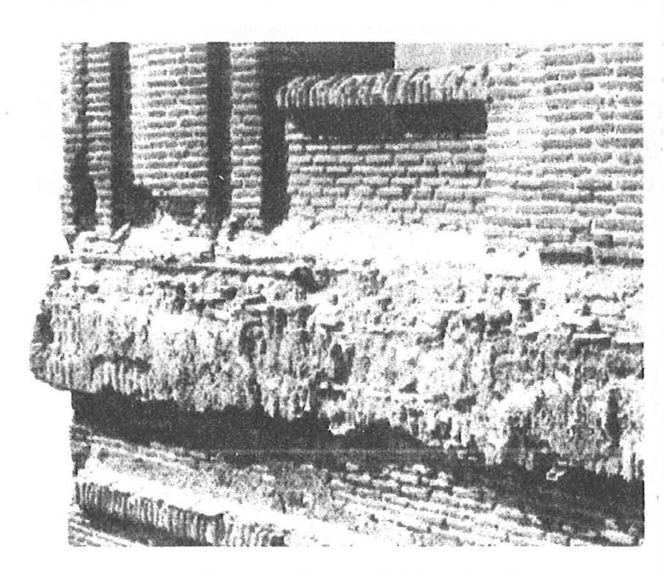
28Anillos de hierro forjado y detalle de la unión entre barras











29Daños generalizados en la fábrica de ladrillo

Junto a esos tres problemas esenciales existen muchos otros, no menores. El ladrillo del cuerpo de campanas sufre desprendimientos permanentes debido a la importante cantidad de grietas que lo minan. Las hay que afectan a todo el espesor de los muros, como las causadas por el mal apoyo del ochavo, otras que muestran deshojamientos del asta exterior por estar realizado con otro tipo de ladrillo y además hay fisuraciones y arenizaciones generalizadas que obligan a mantener protecciones. Alguno ha quedado resuelto en esta intervención, como la fijación de las pechinas descolgadas pero la consolidación de la fábrica de ladrillo no ha sido contemplada aún por falta de presupuesto, aunque su consolidación es vital.

OBJETO DE ESTA INTERVENCIÓN

En esta fase de urgencia se ha tratado de dotar al onjunto de la torre y a sus elementos principales de stabilidad suficiente para evitar su caída.

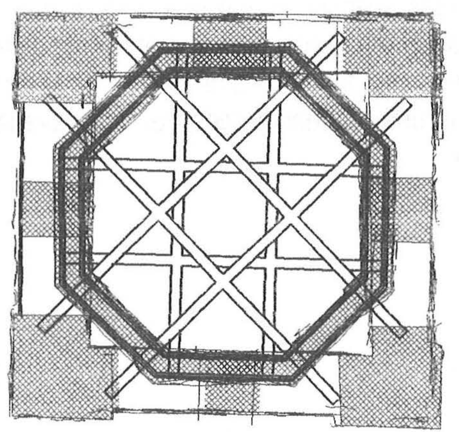
La descripción que sigue, sirve para enunciar los rincipales elementos de refuerzo con los que se han atado de alcanzar los objetivos anteriores y cuyos squemas se muestran al margen.

Primero. Se ha consolidado la zona de la fábrica ituada en la unión del ochavo y el campanario para que o siga produciéndose el giro ni los descensos iferenciales debidos al deterioro general y de una de las squinas en particular, para lo que se ha introducido ntre ambos cuerpos una zapata que recoja todo el eso superior y lo reparta sobre la fábrica inferior y sobre l emparrillado radial, evitando asientos locales.

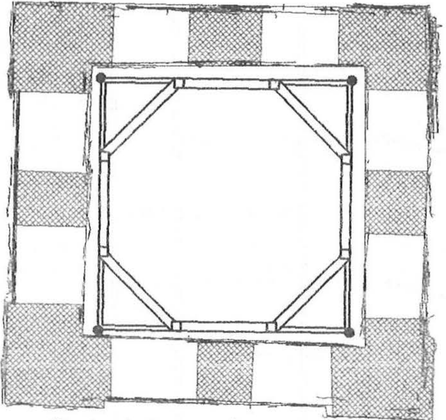
Segundo. Este emparrillado metálico entra debajo de ı zapata anterior recogiendo parte de su peso para evarlo a los puentes[1].

Tercero. Se han construido cuatro puentes en los uatro planos interiores verticales del campanario que ecogen la carga que trae el emparrillado y la depositan n el suelo del cuerpo de campanas.

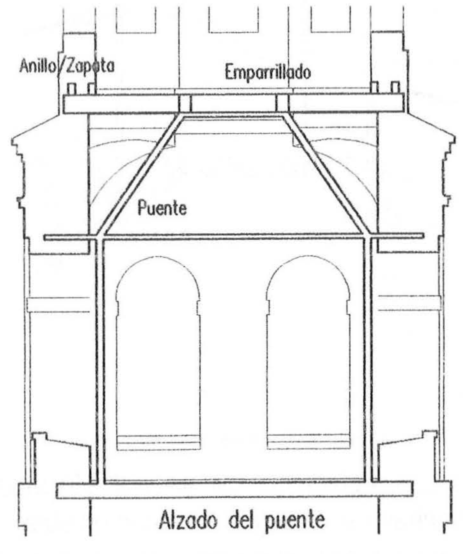
Estos tres elementos son esencialmente los que nfocan la solución del problema principal de la torre atando de aliviarla del recrecido que se hizo en ella. rasladan algo del peso del chapitel y del ochavo a los es del campanario evitando su paso por éste y ansfiere carga de los machones centrales para pasarla los de las esquinas.



Anillo (zapata) y emparrillado metálico receptor del peso del ochavo



Planta de los puentes que envían la carga del emparrillado a las esquinas



30Esquema y localización de elementos de refuerzo superior

Cuarto. En el cuerpo bajo de la torre se ha buscado la conexión entre las cuatro esquinas de ladrillo confinando al pedernal de las caras[2] para hacer al

La zapata ha sido construida entre ochavo y campanario y el nparrillado entra pegado bajo ella alcanzando todo el espesor del ıro. Parte del peso superior seguirá bajando por la fábrica, a ıvés de la nueva zapata, como lo ha hecho siempre, y parte lo ›ogerá el emparrillado que lo entregará a los puentes. Estas rciones dependen de la rigidez relativa de cada sistema que riará a lo largo del tiempo.
ıbe esperar que la rigidez axial del muro sea inicialmente mayor e la rigidez a flexión del refuerzo, al menos en las zonas no ñadas, y con el paso del tiempo la fluencia acorte a la fábrica zando a flectar a las vigas que irán entrando cada vez más en ga. La otra misión de la zapata es limitar este juego de repartos re acero y ladrillo para que, en lugar de ser independiente en da zona –originando un tecleo–, se mantenga como una forma na, con lo que se reducen los daños.

2 El pedernal rompe todas las herramientas de taladrar habituales en obra por lo que todos los anclajes van al ladrillo.

conjunto más solidario y que esa parte trabaje como aparenta su forma, o sea, como un elemento prismático hueco y no como dos grupos de elementos (esquinas y paños) con una tendencia cada vez más avanzada a separarse.

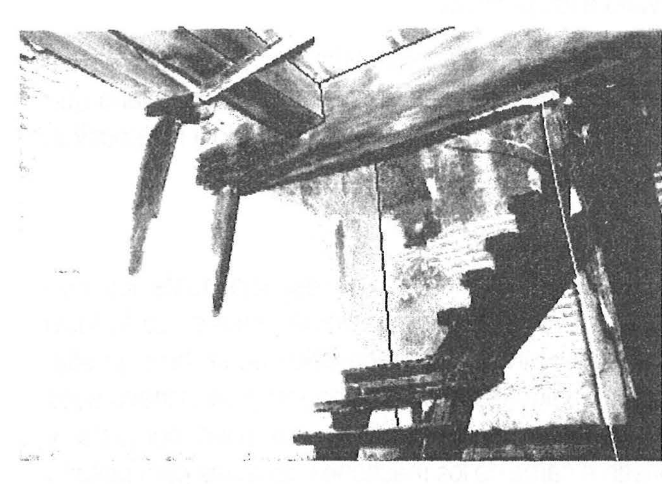
31Esquema de elementos de refuerzo inferior

Además. Las pechinas se han anclado a la zapata de la base del ochavo en la posición en que estaban. En el tejadillo del campanario, en la parte que queda al exterior de los muros del ochavo, se ha construido un zuncho perimetral exterior que sirve: Para repartir más ampliamente la carga en todo el espesor del muro, como un peso sobrepuesto que a modo de gran piedra evite por rozamiento el nacimiento de grietas en la coronación del ladrillo y para proteger de agua al muro inferior.

Las fábricas rotas y agrietadas han quedado provisionalmente mantenidas con tensores, con un andamio que abraza a la torre y con redes y mallas que tratan de impedir que, los trozos de ladrillo y los morteros, en su permanente caída, lleguen a la calle.

DESCRIPCIÓN DE LA TORRE

La torre tiene una altura de 60 m. de los cuales los 24 inferiores son el cuerpo general inferior, el de campanas ocupa 8 m., el ochavo 7 m. y el chapitel 16 m. El conjunto bola, cruz y veleta cubren los metros restantes. La base es cuadrada de nueve metros de lado de modo que la esbeltez desde el suelo hasta la coronación del cuerpo de campanas (zona en la que se mantiene la forma prismática) es de 3,56. El espesor de los muros en este cuerpo es de metro y medio, demasiado débil ya que impide inscribir en su planta una circunferencia que quede contenida en la fábrica.



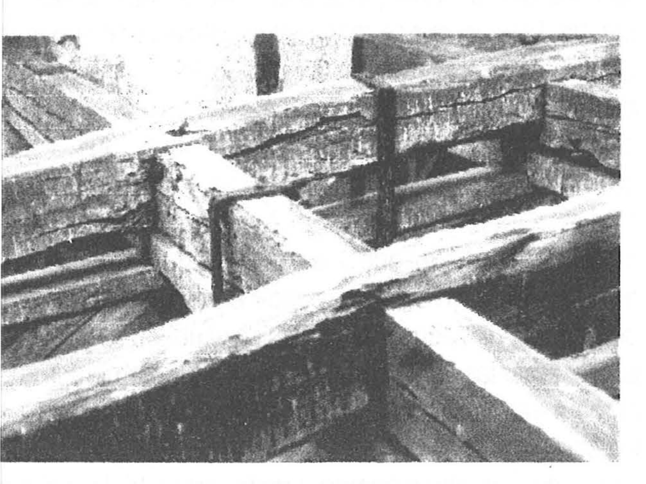
32Entablonado casi arruinados y escalera de acceso al campanario

El ochavo se construyó posteriormente junto con el chapitel realzando la torre a cerca del doble de su altura originaria, con las ventajas formales y los inconvenientes mecánicos correspondientes.

Hasta los años sesenta hubo una escalera de madera que fue sustituida por otra de ladrillo en bóveda catalana y descansillos forjados con viguetas prefabricadas.

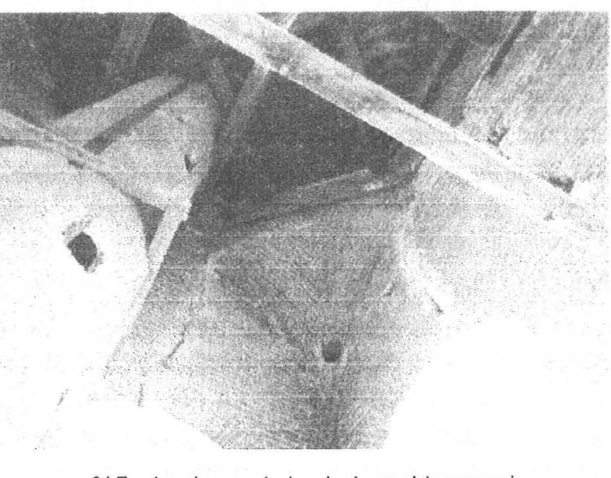
Desembarcaba ésta en un entablonado arruinado situado dos metros por debajo del suelo del campanario que estaba también en las mismas condiciones. El del suelo apoyaba en cuatro grandes vigas/tirantes en cada

rección cruzadas a media madera que tenían grandes ıtregas en los muros y una importante deformación ıusada por las fuertes pudriciones y la variación ermanente de humedad.



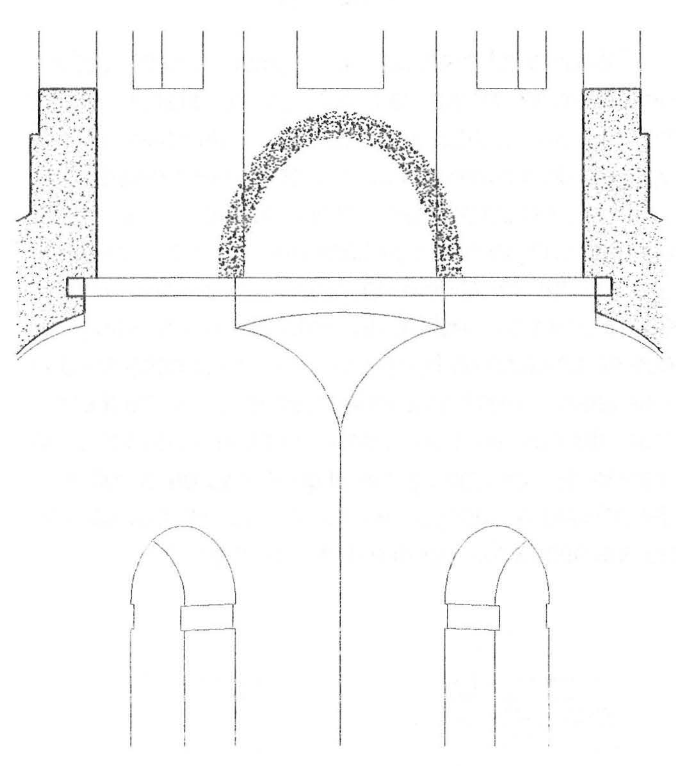
33 Enrayado en el suelo del campanario deformado y con pudriciones

Desde aquí una escalera de caracol adosada a uno e los muros, y realizada dentro de un entramado de ınderete muy débil, permitía el acceso al ochavo.



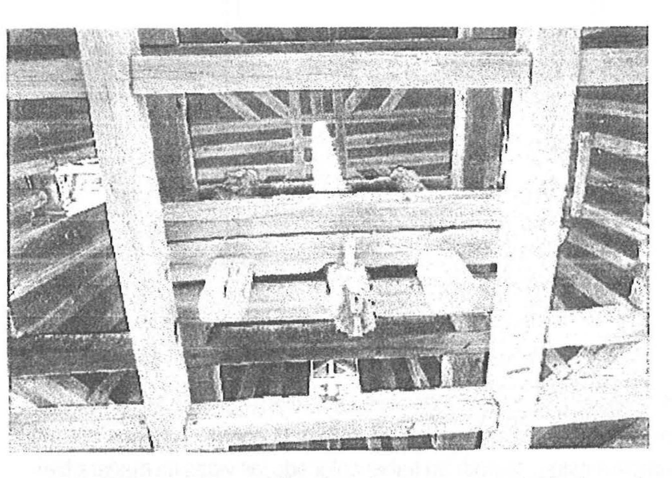
34 Escalera de caracol adosada al muro del campanario

Cuatro pechinas resuelven, visualmente al menos[1], el oyo de los chaflanes del ochavo en el cuadrado del mpanario. Estos elementos fueron obra decorativa y resistente, posiblemente desde el principio pero en alquier caso desde que comenzaron a moverse. Esto pone que los cuatro chaflanes, si la pechina no slada carga, estarían en el aire, pero, si se observa mirando desde el interior, entre la pechina y la ventana del ochavo hay un muro ciego de una altura de tres metros en el que cabe un arco de descarga suficiente para llevar el peso a las paredes del campanario.



35 Muro del chaflán trabajando como viga apoyada en los lados

El chapitel está, en general, en condiciones razonables de conservación pero tiene los apoyos muy dañados y todo él requiere un tratamiento importante de restauración que no se acomete en esta fase. Se aprecian importantes desplomes entre su zona baja y alta, el fracaso de varios apoyos ahora apeados, y un deterioro notable en los tejadillos de pizarra y en el cinc.



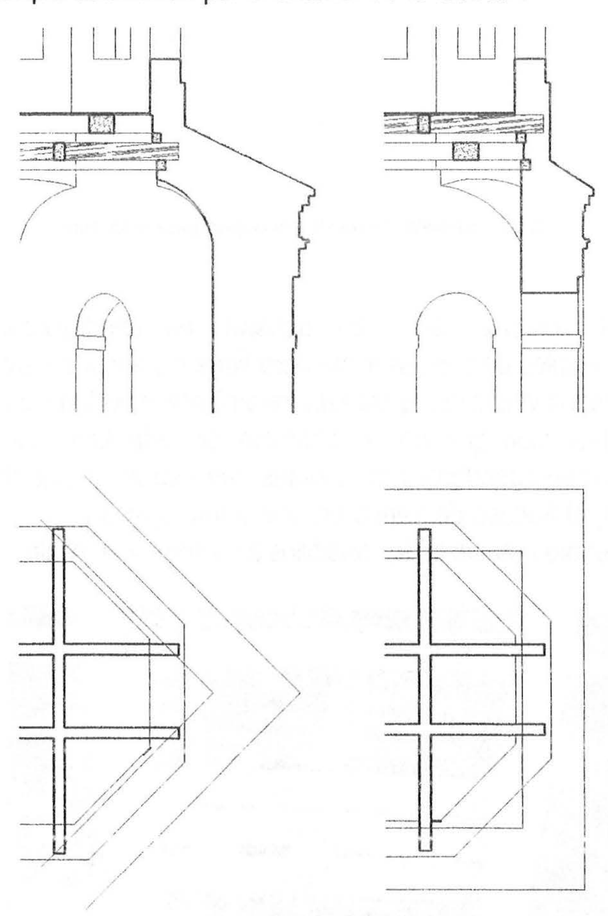
36 Vista inferior del chapitel. En primer plano el apoyo central del nabo en el doble emparrillado inferior, al fondo el plano del harneruelo

[1] Daba la impresión, por lo que se veía tras estas piezas, de que pechinas no entraban más de medio pie, lo que hace pensar en ı obra decorativa (o mecánicamente incorrecta).

EL PROBLEMA DERIVADO DEL RECRECIDO DE LA TORRE

Análisis

Tal como están situados los elementos constructivos de la base del ochavo –las pechinas y los tirantes, véase fig. 24 y 37–, puede que este importante sobrepeso se apoyara demasiado arriba, al haberse desmontado sólo el tejado del campanario, manteniendo la cota de la cornisa. Las pechinas se construyeron mal enjarjadas, sobre el descarnando de las esquinas interiores y sobre ellas se colocó un estribo de madera de planta octogonal que se entramó en horizontal con otro zuncho situado más atrás, en los haces exteriores de lo que iba a ser el muro del ochavo. Este telar se completó con los ocho tirantes del enrayado y que al quedar ya en el volumen del ochavo no apoyan en los muros del campanario porque asomarían por el exterior de la fábrica[1].



37 Detalle constructivo del apoyo original del ochavo en el campanario

Hasta aquí nada que objetar, hay muchas torres co organización similar y sin daños. Los tirantes cumple bien con su misión de resolver tracciones horizontale derivadas de empujes puesto que el peso de l construcción superior pinza a la madera evitando que s mueva. El telar reparte razonablemente el peso superio Las cuatro caras del ochavo situadas sobre las de campanario apoyan directamente y las cuatro de lo chaflanes, lo hacen en las pechinas que, bie construidas, trasladarían adecuadamente ese peso. Y sabemos que este sistema lleva más carga a lo machones centrales que a los de las esquinas por lo qu hubiera sido conveniente reducir el tamaño de estos ampliar el de aquellos. También hubiera convenid sobrecargar las esquinas con pináculos o elementos que aumentaran la carga para procurar igualar la situación e los ocho machones. Por otro lado, a cuarenta metros d altura, casi en pleno campo, viento, agua, hielo, calor frío, se han llevado los revocos que protegían a u ladrillo arenoso y han abierto en él vías de acceso a l madera que le ha seguido en el proceso de deterioro. E mal apoyo de las pechinas en los muros ha colaborad en el proceso degenerativo, de modo que esta torre se empieza a diferenciar en sus aspectos constructivos de las que con un diseño global similar, han sido mejo resueltas.

Todavía, lo anterior no pasaría de perjudicial si n fuera porque el chapitel, elemento ya no tan frecuente e obras similares[2], resulta ser una gran palanca activad por cualquier viento que va presionando unas u otra partes según varía la dirección de aquél. Los esfuerzo que genera llegan a duplicar a las tensiones debidas a peso en la zona de sotavento comprimiendo mucho a lo materiales situados allí y menos a los contiguos, lo que acaba destrabándolos entre sí. La degradación de l madera y el ladrillo va haciendo que las compresione conlleven aplastamientos permanentes según v perdiendo cada material su capacidad de recuperación[3]

El campo donde se produce esta batalla de tensione descontroladas no es el ochavo, cuya forma casi circula

1 Si para emprender esta obra se hubiera comenzado a trabajar más abajo –manteniendo si se quiere la cornisa exterior que no afecta a esto–, se podrían haber colocado las vigas de madera bien metidas dentro del muro del campanario y bien apoyadas en él, ya que el tejadillo las habría ocultado completamente.

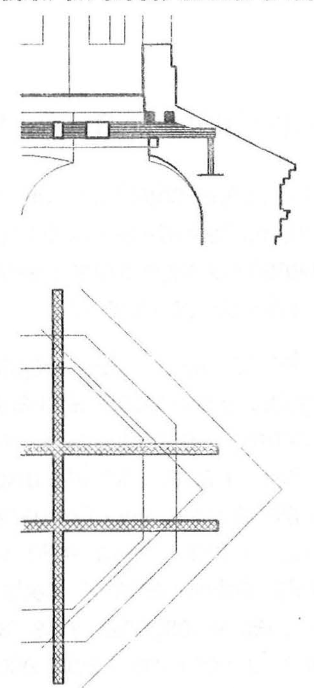
2 Cuando los hay, están apoyados en el cuerpo principal (que e este caso sería el campanario).

3 La mayor dificultad del diseño de chapiteles estriba en l resistencia que deben oponer al viento, globalmente para no volc –que solía solucionarse aumentando la cantidad de madera– localmente para resolver las sobrecompresiones en los apoyo Esta torre, mal recrecida, no lo es tanto porque se le pusiera u ochavo encima, sino porque se coronó con este chapitel –por otr parte de diseño esplendido–.

e dota de una capacidad elevada para admitir altas perturbaciones, sino en la unión entre ochavo y campanario que, como estamos viendo, no dispone de elementos adecuados para la transferencia de esfuerzos verticales por haberse unido de forma excesivamente sobrepuesta. En la figura 37 se observa que los tirantes normales a las caras apoyan bien en el muro inferior pero los de chaflán sólo llegan a las pechinas por lo que los vientos medios van sacándolas de sus quicios.

Amplitud de la intervención

Si no hubiera sido por el efecto del viento –que está dejando a las fábricas de la torre arruinadas–, si el problema se hubiera limitado a un mal reparto de carga solucionado antes de que las fábricas estuvieran deshechas, la intervención podría haber sido menos aparente al no necesitarse los puentes, ya que se hubiera reducido, en lo que en esta fase inicial y a la zona alta se refiere, a construir la zapata entre ochavo y campanario. Oculta. Pero, dada la degradación, se ha considerado conveniente, además de realizar tal zapata, derivar parte de la carga a la zona baja del campanario dejando a este, por muy dañado, con menores compromisos resistentes. Aún así, esta zapata sigue repartiendo carga en los muros. En las cuatro caras, por estar sobre ellos y, en las cuatro esquinas, porque las vigas de refuerzo de los chaflanes se han llevado hasta ellas para producir un efecto similar a los pináculos.

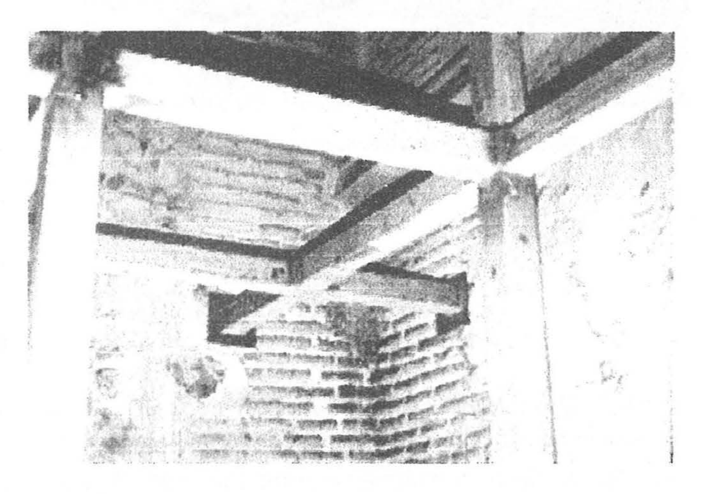


38 Apoyo del chaflán avanzando las vigas hasta la esquina del campanario

ELEMENTOS DE DISEÑO

Materiales

La necesidad de alterar el recorrido de las fuerzas para trasladar pesos importantes a otros lugares y el deterioro producido como consecuencia de la pérdida de propiedades mecánicas de los materiales impedían una mera labor de sustitución por elementos y materiales similares ya que ni se hubiera conseguido trasladar las fuerzas necesarias ni la conexión entre lo nuevo y lo viejo podía realizarse sin grandes movimientos de entrada en carga. Por ello, se ha empleado, hormigón para repartir cargas, acero para trasladar fuerzas y morteros de alta resistencia para conectar con la fábrica.

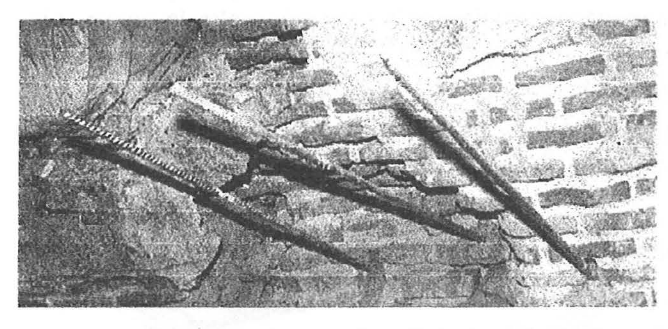


39 El acero queda visto entestando contra los muros

El acero se deja visto (salvo cuando se entierra como armadura rígida de el hormigón) y su conexión con la fábrica se llevó a cabo mediante taladros por los que se introducían varillas de acero que luego se rellenaron con mortero líquido. La transmisión de esfuerzos entre la fábrica y el mortero y entre éste y la armadura se realiza por adherencia, mientra que entre armaduras y perfiles se comunican por soldadura[1].

1 Trasladar esfuerzos por adherencia obliga al uso de materiales más rígidos que aquellos en los que se penetra para que cuando se produzcan tracciones su menor deformación los haga entrar en carga antes. No puede emplearse morteros elásticos –de cal– ni con retracción –por las holguras iniciales–. Por otra parte, era necesario evitar presiones que provocaran deshojes de la fábrica por lo que no se emplean materiales expansivos. Por estas razones, se ha usado un mortero líquido –para que fluyera por los taladros y rellenara huecos y rugosidades de la fábrica mejorando la cohesión–, de fuerte resistencia –para que fuera rígido–, sin retracción –para evitar holguras al curar–, ni expansividad –que generara presiones y roturas–.

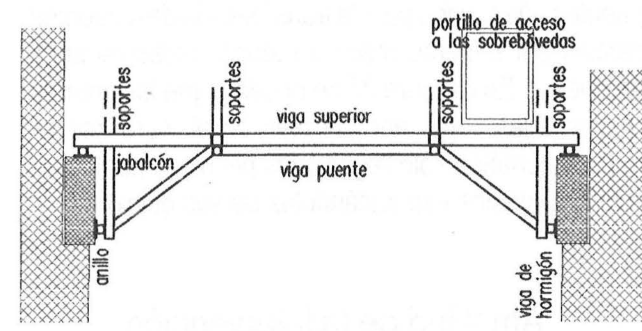
Estos morteros no se han empleado masivamente para sentar o parchear trozos de las fábricas por lo que se ha alterado mínimamente los posibles recorridos del agua por el interior de los muros. Su aplicación puntual no ha creado barreras a los recorridos del agua que por allí dentro hubiera. Su muy reducida porosidad y el quedar enterrado en el interior de los muros, reduce la posible aparición de sales, frecuentes en los morteros de cemento ordinario[1].



40 Taladro, mortero líquido y armadura soldada a los perfiles exteriores completan la unión del muro al refuerzo

Tipos estructurales

En lo que respecta a los tipos estructurales podría parecer que los diseños usados imitan formalmente a los procedentes de la carpintería de armar más que emplear formas propias de la cerrajería metálica, –lo que no hubiera sido malo–. Pero la forma de la estructura de refuerzo de esta obra obedece a un diseño razonable para el espacio ocupable (luz y altura) y la magnitud de la carga. La influencia del material en las decisiones de diseño reside más en la facilidad y fiabilidad de sus uniones que en su ventaja sobre los demás para resolver un caso de carga y luz[2], aunque la complejidad de aquellas se basta y sobra, a veces, para alterarlos e, incluso, inhabilitarlos. En consecuencia, se ha empleado puentes y jabalcones para los que ayer se utilizaba madera y hoy, acero.



41 Puente de apoyo de la escalera

Puesta en obra

Era necesario colocar piezas y manejar herramientas de peso excesivo para ser transportado y manejado de forma completamente manual. Todo ello tenía que ser ascendido por el hueco central interior aprovechando su diafanidad mediante maquinaria que debía apoyar en zonas suficientemente rígidas y seguras, de modo que, el criterio de la intervención y el diseño de los refuerzos estaba fuertemente influido por los compromisos de seguridad, accesibilidad, capacidad de elevar y mover pesos durante la obra y, además, por el estado muy deficiente de muchos elementos de madera o fábrica.

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Establecidos los daños, criterios de diseño y refuerzo se describe ahora el proceso de ejecución de los trabajos en el que se contienen cuestiones que quedaron fuera de la descripción anterior de los elementos.

Los tres defectos esenciales objeto de esta intervención obligaban a consolidar el cuerpo inferior, el campanario y el ochavo, de modo que si se actuaba en este orden, de abajo a arriba, se iría disponiendo de apoyos fiables y plataformas seguras para realizar los trabajos cada vez a más altura a la vez que iba quedando resuelta definitivamente cada etapa. Se evitaban demoliciones arriesgadas y se reparaban los elementos cuando la obra los hacía accesibles. Se planteó la obra siguiendo ese orden ascendente.

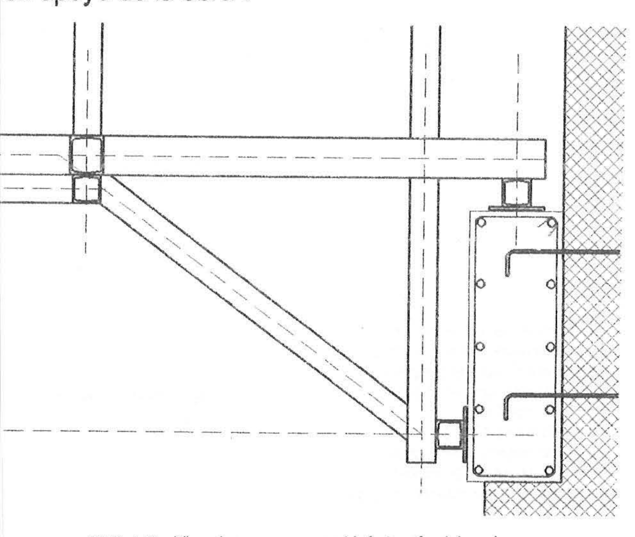
1 No se está aconsejando aquí el uso de estos morteros en labores restauradoras. Su enorme diferencia con los morteros históricos hará que su inserción, que supone introducir nódulos de alta rigidez, pueda alterar el sistema mecánico y producir daños en obras normales (con regímenes de tensión razonables y monótonos). Pero recuérdese que estamos en una consolidación muy enérgica. Trato sólo de advertir, con los comentarios indicados en el texto, que es muy posible que su aplicación no produzca daños y que sus propiedades y forma de trabajarlo se han considerado, para esta obra, positivamente.

2 Resistencia, rigidez y coste hará que cada problema sea más adecuado materializarlo con uno u otro. Su alcance les limitará el tamaño de problemas que resuelven.

Apoyo general de los refuerzos

La torre tiene en su parte baja una capilla que omunica con la iglesia y que no puede quedar afectada or la obra ni debemos apoyar en su bóveda. Desde la anta alta del coro se entra al interior de la torre que es n gran tubo vacío hasta el cuerpo de campanas sólo cupado por la vieja escalera adosada a los muros. El so de este recinto son piezas de madera de fuerte scuadría que cuajan el suelo y que cubren toda la luz el hueco. Obra fiable para soportar las cargas de uso de iestra intervención pero no para el nuevo refuerzo que a de apoyar directamente en los muros perimetrales.

A cuatro metros del suelo toda la pared tiene un tallo de unos veinticinco centímetros posiblemente ijado con la idea de apoyar en él un forjado con el que char ese local situado en ese mismo nivel del coro, dependizándolo del resto de la torre. Este resalto es un ien apoyo de la obra[1].

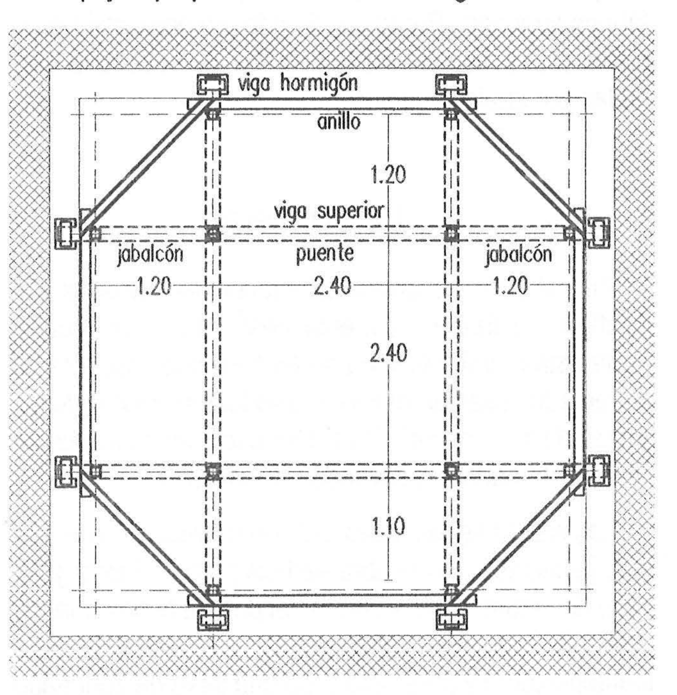


42 Retallo. Viga de apoyo general inferior. Anclajes al muro

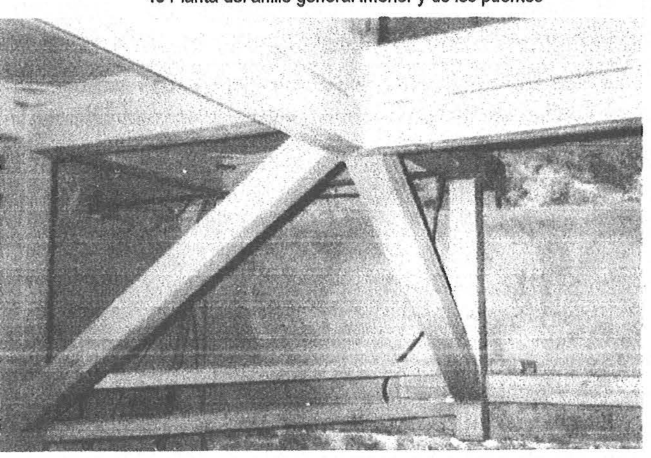
Sobre él, para regularizar el apoyo, se construye una ja de hormigón armado de buen canto, en todo el contorno. Ésta reparte la carga vertical del apeo y ata horizontalmente al muro gracias a una serie de anclajes repartidos en el perímetro.

Arranque de la estructura y replanteo general del apeo

Sobre la viga apoyan cuatro puentes. Dos en cada dirección de los que nace la estructura vertical. Un anillo octogonal recorre la base de los jabalcones para anular los empujes generales quedando sólo por contrarrestar los empujes que produzcan las sobrecargas excéntricas[2].



43 Planta del anillo general inferior y de los puentes



44 Detalle de lo anterior. Vista de una esquina

Cada cara del retallo tiene una longitud de 5,50 m. y un ancho de 5 m.. La mayor masa que se podría llegar a apear en esta obra la del ochavo y el chapitel que pesan unas 200 toneladas*. En nsecuencia, como la tensión máxima es de 3,6kp/cm² (36N/cm², /m²), se estima suficiente base de apoyo.

El peso de los elementos que forman estos edificios, en los que ndan formas y geometrías complejas puede obtenerse de su umen y su peso específico. Esta labor es conveniente realizarla bién en aquellos edificios que habiendo sido construidos hace os años y teniendo apariencia similar a los actuales pueden er alturas de planta, espesores, materiales de muros y forjados onfiguraciones de cubierta muy distintas a los de hoy y, en secuencia, distar mucho de quedar bien ponderados aplicando valores de los tipos actuales.

2 Viéndolo ahora hubiera sido más natural y eficaz construir todo sobre la viga de hormigón y no lateralmente pues la carga está limitada a la que puedan transferir elementos que podrían haber sido secundarios.

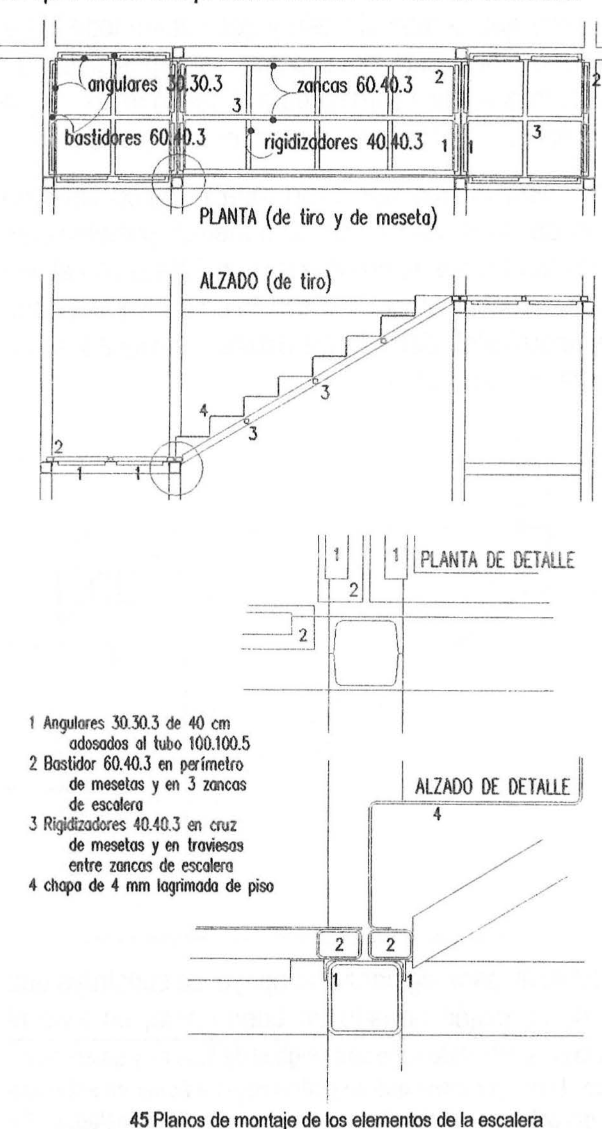
La torre está desplomada y el cuerpo bajo no iba a ser menos, unos treinta y cinco centímetros hacia el norte y también, aunque menos, hacia el oeste.

La estructura general interior en la que se ajustará la escalera se ha construido aplomada para evitar todo tipo de problemas a cambio de querer evitar uno. Por la misma razón, se plantea a suficiente distancia de los muros como para que no se interfiera con los paramentos desplomados. Queda sólo situarla en planta. Aunque nació para alcanzar varios objetivos, al principio el principal era servir de apeo permanente al ochavo. Subía por dentro de la torre pasando de largo por el campanario rozando las pechinas y conectando con la fábrica superior[1]. Por tanto, tirando plomos desde esas pechinas, se disponía de la información necesaria para replantear abajo su planta.

La escalera

Además de su propia misión funcional hay otras que justifican su forma y dimensiones[2]. Al quedar toda la malla estructural a la vista se procuró que resultara un entramado espacial limpio en el se fueron colocando las piezas de la escalera[3]. El peldañeado y mesetas son de chapa lagrimada y la barandilla de mallazo.

Las piezas tienen todas una fuerte escuadría de 100 mm. justificable. En la obra vertical porque descarga el peso de la torre y en la horizontal porque el pasamanos sirve de apoyo a plataformas provisionales para mantenimiento y para obra y porque sirve de zunchado a la torre. Estas diversas causas no producen lógicamente la misma necesidad de material pero sí pueden resolverse sin gran despilfarro con la misn escuadría[4], lo que facilitaba, de paso, la coordinaci dimensional. Acostumbrados a parámetros estructural actuales[5] no se debe perder de vista cuestiones que s de importancia en este tipo de intervención, como el m trato a soportar durante la obra, las palomas que van estar presentes hasta que en fases posteriores s puedan colocar cierres a los huecos o el desuso futu en que carecerá prácticamente de mantenimiento.



45 Planos de montaje de los elementos de la escalera

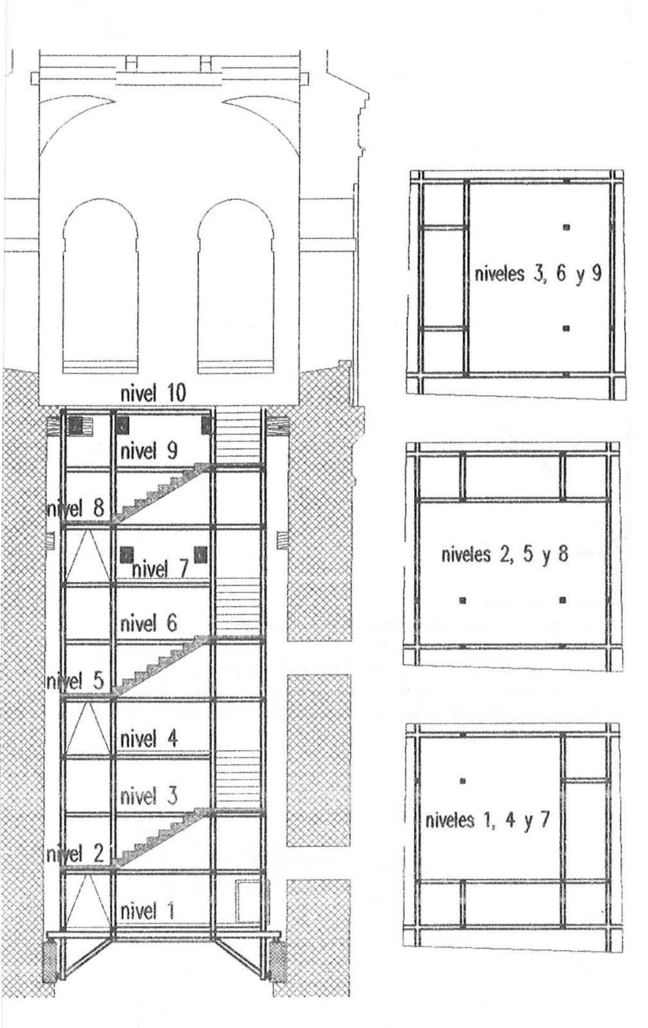
1 La idea no era tan clara, había por ejemplo una escalera de caracol arriba, pero tampoco es momento para complicar las cosas.

2 La modulación en planta es de 1,20 m. a ejes y el grueso de las piezas es de 10 cm. Cada tiro de escalera, en el que caben 8 peldaños, tiene 2,40x1,20. El ojo 2,40x2,40. En vertical, para llegar al suelo del campanario con tiros iguales de tabicas razonables, resultaron 10 módulos de 1,37 m. de altura, con pisas son de 28,75 cm. y tabicas de 17,13 cm.

3 Los soportes, verticales, los únicos que tienen al final una longitud total considerable se colocaron contrapeando sus dos perfiles (2UPN100) para formar un cajón continuo sin placas de unión. Los elementos horizontales (tubos de 100x100), todos de longitud reducida(2,40 ó 1,20 m. a ejes) se colocaron a tope contra los verticales. Así, la malla quedaba limpia de uniones. Terminada ésta, tiros de escalera, rellanos, mesetas y barandillas vinieron construidos de taller por lo que bastaba ir encastrando sus bastidores en los distintos elementos en esta malla espacial.

4 Téngase en cuenta que la pieza formada por 2UPN100 tiene u sección de 27 cm² y el tubo 100.100.3, 11,3 cm² (el 40%) por lo q conseguir la misma apariencia no presupone fuertes desperdicio Si se quiere entrar en matices de cerrajería, lo que más resalta el distinto redondeo de las esquinas para distintos espesores, radio del tubo 100.6 duplica al 100.3. Pero si se quiere rizar el ri esos radios de curvatura de las esquinas son distintos para mismo espesor si cambia el fabricante. De modo que el diseño detalle en hierro es cuestión harto delicada aunque el resulta compensa.

5 Coste y canto reducidos, resistencia, rigidez, etc.



46 La escalera como zuncho. Localización de los anclajes

La misión estructural de la escalera ha pasado a ser initivamente la de zunchado general horizontal del ırpo bajo de la torre. Para ello se han realizado ıdros situados en cada encuentro entre los tubos izontales y la pared. Cada taladro con un diámetro 25 ı., algo inclinado[1] para que penetre luego bien el rtero por gravedad, con un redondo galvanizado de metro 16 mm. y rellenando al final con mortero ido. El redondo sobresale del muro y se enhebra en agujero hecho en el centro de una placa a la que se lda. Luego, los tubos entestan contra ella, ocultan lo erior y su perímetro también queda soldado.

ı profundidad alcanzable sin acudir a maquinaria especializada, le 1,20 a 1,50 m. Si la plataforma de trabajo no es rígida, un ımio por ejemplo, este valor disminuye debido a las vibraciones ınes de la fábrica.

Suelo del campanario

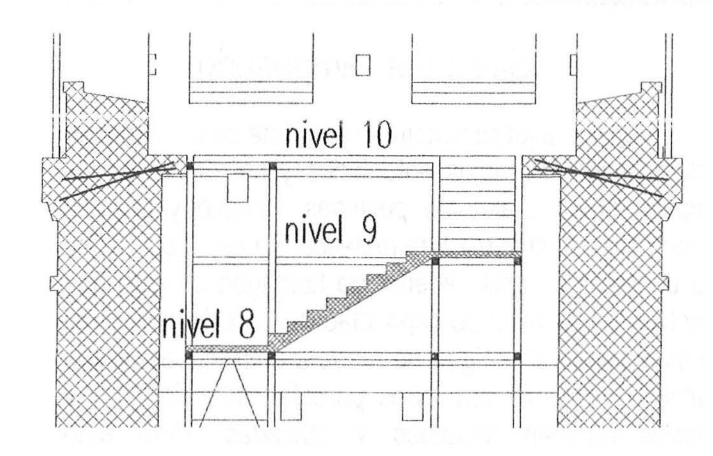
Llegados aquí se construyó una plataforma de trabajo demoliendo los viejos entablados y se reforzaron los apeos provisionales de pechinas, ochavo y chapitel contra la nueva estructura metálica. En esta cota se iba a construir un anillo interior de hormigón armado que dotara a esa zona de capacidad de tracción horizontal sustituyendo al antiguo de madera entre cuyas piezas alguna ya no existía, otras parecían muy dañadas y todas estaban flectadas y atacadas. Para esta sustitución existían tirantes provisionales teóricamente suficientes pero, a poco que la madera estuviera en carga, el tirón al dar el corte podría producir algún desequilibrio y no me atreví[2]. La opción antipánico consistió en construir el zuncho encima de la madera y cortarla después, lo que suponía elevar el suelo del campanario treinta centímetros respecto del original. Ese zuncho forma una viga plana perimetral entre muro y escalera metálica de unos 75 cm de ancho. Apoya en la escalera durante la fase de obra, en los tirantes de madera empotrados en los muros y que después fueron cortados quedando como voladizos, y en la propia fábrica, que había sido descarnada. Además, conecta con el muro con una densa red de anclajes similares a los de abajo y con el antiguo refuerzo de forja[3].

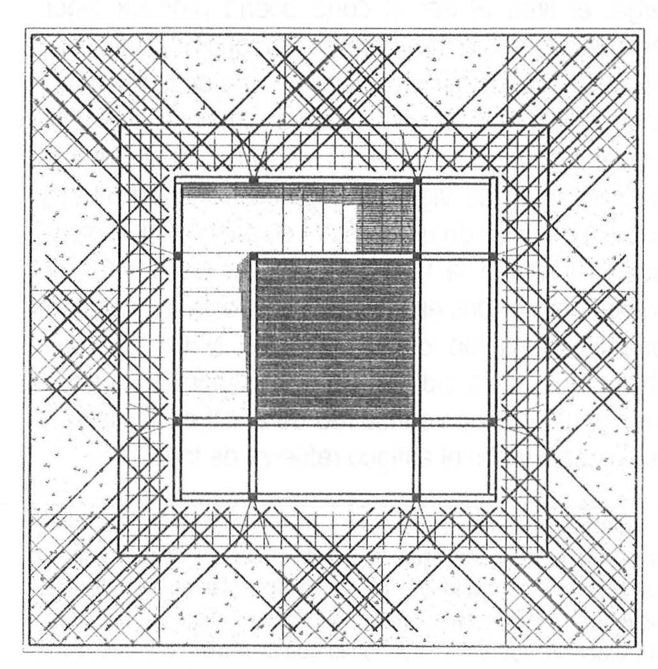
2 Consolidando, nunca se debe eliminar algo antes de haber construido el elemento que lo sustituye por mala que sea su apariencia ya que sólo por el hecho de estar conectado a lo existente su eliminación podría suponer movimientos. Para resolver esta situación, sobre todo cuando lo que se elimina y lo nuevo van a ocupar el mismo lugar, se recurre a una estructura auxiliar que funciona mientras se ha demolido lo viejo y no está disponible lo nuevo.

En este caso así estaban las cosas. Una serie de tensores provisionales ataban las fábricas sobradamente, lo que garantizaba la sustitución, pero el estado de los elementos no ofrecía tranquilidad suficiente.

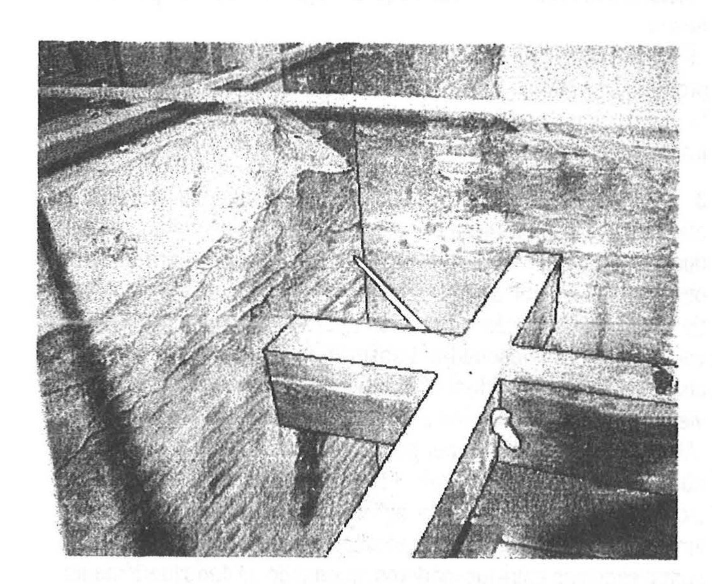
3 El encofrado es una chapa doblada que forma fondo y lateral y que soldada a la escalera era autoportante, lo que evita puntales durante el fraguado. Esta misma chapa se aprovechó para soldarle otras por debajo que se atornillaron a los laterales de los maderos, de modo que además de quedar apoyado el conjunto en esos voladizos de gran escuadría transmitirían al zuncho de hormigón cualquier tracción residual de la madera. ¿Qué mejor traba con lo viejo que conectar con elementos adheridos desde antiguo?.

Al eliminar el entablado del piso y quedar el muro a la vista se observó que los antiguos refuerzos de forja penetraban desde el exterior con una especie de aguilón anclado a los dos tirantes inmediatos. Esta obra se ha mantenido y reforzado, macizando las cuatro esquinas entre los maderos, quedando un dado fuertemente solidario con los muros.

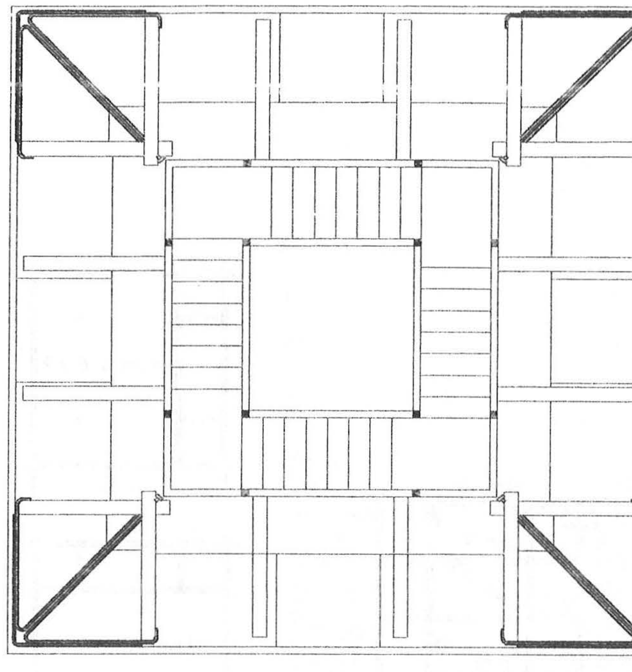


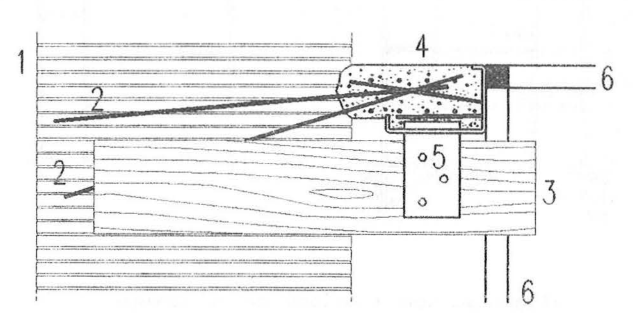


47 Unión entre la viga de hormigón y muros



48 Vista de la forja y la madera de las esquinas





49 Tirantes de madera cortados al paso de la escalera y antiguos refuerzos de forja trabados a ellos. Detalle de su unión al anillo de hormigón y de los anclajes

Cambio de planes

Hasta este momento la linea de trabajo era realiza las medidas permanentes de seguridad indicada manteniendo los riesgos razonablemente controlados Pero subir la estructura de la escalera hasta alcanzar a ochavo fuerza a la fábrica superior a apoyar en un luga excesivamente rígido lo que podría producir daños a largo plazo cuando lo suyo, si es posible, es que lo pesos sigan bajando por el muro una vez realizadas la consolidaciones oportunas. Por otra parte, subir la obr de apeo a través del campanario, aunque estuvier matizado con una escalera menor, resultaba demasiad aparente.

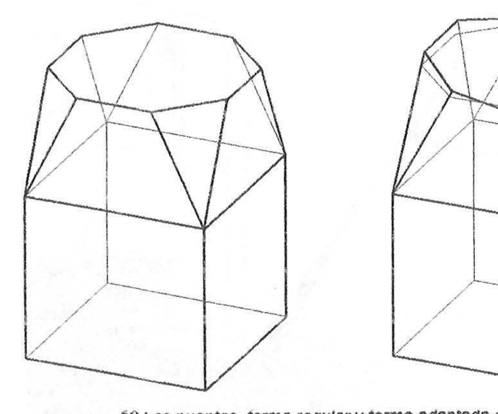
Llegados aquí, las cosas se empezaban a ver de otra anera. Todos los elementos delicados (chapitel, chinas y ochavo), siempre dejando aparte al ladrillo terior, estaban adecuadamente apeados contra la calera recién llegada. La familia de tirantes de madera bía sido cortada sin problemas y sustituida por el ncho de hormigón que había quedado unido mucho ás ampliamente de lo previsto: Con las grandes piezas npotrada de madera, con la fábrica de ladrillo, con la calera y con la antigua obra de forja de refuerzo terior. Se pisaba sobre un terreno plano y horizontal al e se subía por una escalera cómoda y la luz que traba por las ventanas del campanario iluminaba la na de trabajo. Se conocía mucho mejor a la torre y era omento de darle una vuelta al asunto. Cabía estudiar traslado de la carga superior para que entrara de evo en la fábrica inferior. La obra tenía que seguir endo agresiva pero cabían alternativas más suaves.

Puentes para apoyo del ochavo

En cada esquina de la viga perimetral de hormigón cién construida en el suelo del campanario ha quedado almente un gran dado de hormigón fuertemente bado al muro que permite apoyar un soporte por el e reconduzcamos las cargas del ochavo para volverlas neter en la fábrica de la torre una vez salvada la zona ñada mediante una estructura secundaria, un puente[1].

Cada soporte tiene una importante altura ya que debe brepasar los grandes huecos del campanario y, a lo go de ella hay unos mechinales a distancias similares todas las esquinas, con la misma orientación y bien nstruidos[2], casi a cada metro, que se aprovecharon a servir de apoyo y atado. Por ellos se introdujeron os perfiles metálicos que quedaban empotrados en el ro y que se soldaron al soporte. De ese modo parte la ga entra poco a poco a lo largo de esta altura congestionando la base y sirve también para atar en izontal todo el cuerpo de campanas. El interior cada chinal ha quedado relleno de mortero envolviendo al fil empotrado y conectándolo al ladrillo.

Sobre los pilares, la construcción de los puentes nteaba un problema geométrico. Por mínimas razones de respeto, debía dejarse bien resuelta una estructura metálica exenta para que todos ángulos y los nudos repetidos fueran iguales, el anillo superior fuera un octógono regular y la base de los soportes un cuadrado. Todo ello dentro de una envolvente de fábricas deformadas, irregulares y desplomadas. Como todo lo perfecto es inalcanzable nos conformábamos con llegar a un compromiso razonable. En el replanteo de la base, las cuatro esquinas de la fábrica estarán situadas irregularmente, puestos en lo peor, en un romboide. Los soportes deben quedar situados en un cuadrado para dar lugar a una geometría regular que permita una obra correcta de cerrajería y, como son muy visibles, la distancia entre vértices del cuadrado y del romboide debe procurarse parecida. Subiendo ahora a replantear la coronación, los cuatro puentes con sus chaflanes forman un octógono que tiene que ser regular y que quedará a distancias variables de las paredes interiores de la fábrica del ochavo, que es lógicamente irregular. Las diferencias en planta entre el octógono regular y el irregular no eran fuertes pero en alzado el desplome del ochavo con respecto al campanario, los quince centímetros del principio, obliga al octógono metálico a inclinarse para hacer juego, por ejemplo, con las hiladas de ladrillo, o con los estribos de madera. Este aspecto se resolvió haciendo que los jabalcones tuvieran cada uno la longitud necesaria para absorber las diferencias de cotas y a cambio el resto, concretamente las uniones, se realizaron de una forma razonablemente rigurosa.



50 Los puentes, forma regular y forma adaptada al entorno

Vigas superiores

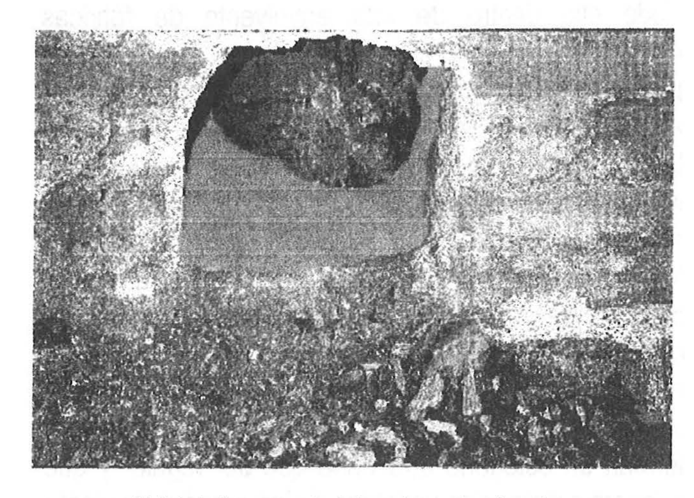
Sobre los puentes apoyan ocho vigas que forman un tramo central que no recibe carga y dos voladizos que reciben el peso ochavo y que quedan situadas en el

---

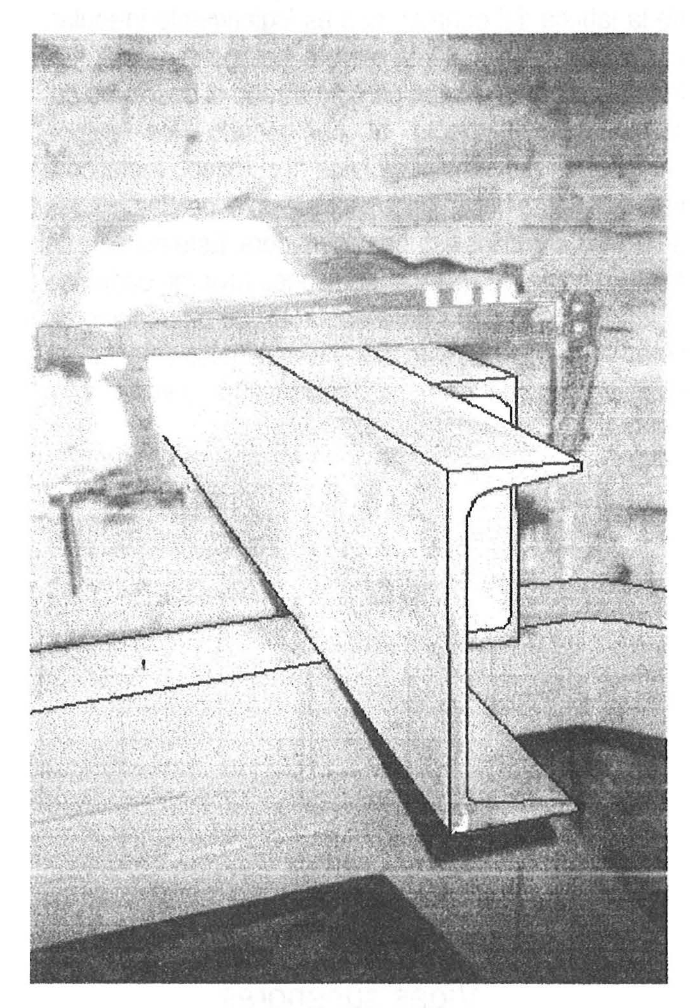
[1] o sé si el término *bypass* ha sido incorporado ya a este mundo.

[2] uiero decir correctamente abiertos en el aparejo de la fábrica, imensiones más o menos constantes y que sólo había que arlos para poderlos usar.

lugar de las piezas de madera a las que sustituyen[1]. En principio se pensó reforzar esta madera para realizar esa misión pero al descubrir sus testas por el exterior del muro se vio que con su estado era imposible hacerlo.



51 Estado descompuesto de la madera enterrada en los muros



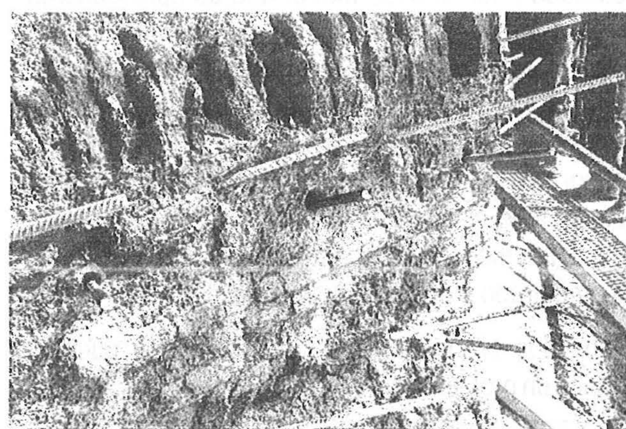
52 Formación por tramos de las piezas de gran longitud y galvanizado

1 Las cuatro de los chaflanes constan de tres tramos ya que los extremos no son voladizos sino que han quedado apoyados en las esquinas de los muros del campanario.

Cada viga esta formada con dos perfiles en caj cuyo peso y longitud no son asequibles a los medios esta obra por lo que cada una se ha formado colocan los dos perfiles desplazados entre sí[2] para irlos soldan por tramos de unos dos metros y formar al final la pie enteriza de unos ocho metros que se necesita. L partes que quedan dentro de los muros se h galvanizado además de quedar envueltas en una viga mortero de reparación.

Zapata de reparto

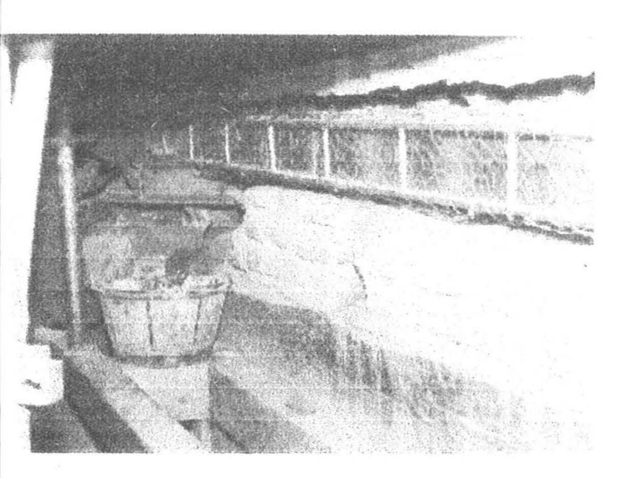
Se ha realizado un zuncho/zapata embebido en base del muro del ochavo para llevar su peso que uniformemente distribuido concentrándolo sobre los och apoyos del enrayado. Este zuncho está formado por anillo interior y otro exterior y su construcción obligaba abrir una caja por dentro y otra por fuera en todo perímetro con el fin de que quedasen enterrados en espesor. Como un telar. Aunque esta obra se hac secuencialmente y por bataches no deja de ser delicad considerando el deterioro del ladrillo. Por ello, se realiz sobre la altura de trabajo y previamente a comenzar la roturas, un cosido horizontal con varillas qu atravesaban el muro. Esta labor sirve para conten horizontalmente al material si estuviera fuertement deshojado en alguna zona y ayuda también a estabilidad en vertical pues cuando se cajee, por ejempl del orden de un cuarto de su espesor, además d disponer de los consabidos arcos de descarg longitudinales, la parte abierta queda en vuelo colgad de la trasera y las varillas dotan de la tracción que podría faltar a la fábrica.



53 Varillas provisionales (y definitivas) de cosido transversal

2 Tal como se hizo con los soportes de la escalera.

Así se abrían, de una en una, cajas de unos 20 cm. sección abarcando todo el frente de cada cara del avo abarcando también la zona de las aristas acentes. Después se introduce un perfil y se maciza cajeado con mortero excepto la zona de aristas. ındo le toca el turno a las caras adyacentes se coloca perfil que puede ir incluso apoyado sobre el anterior ugar de a tope, lo que facilita la obra al no requerir cisión en el corte y se sueldan entre sí. Completada esquina se hormigona ta ésta y al cerrar el anillo da completo el zuncho para trabajar en vertical y en zontal. El perfil hace las veces de una armadura da y el mortero, las del hormigón, con la ventaja de la armadura rígida evita esperas y doblados gurando mejor la conexión entre las ocho caras y el tero líquido la adhesión con el ladrillo[1]. La unión sin rridos de entrada en carga entre esta zapata y las s radiales se asegura colocando estas justo debajo quellas y soldándolas.



54 Armadura rígida empotrada en la base del ochavo

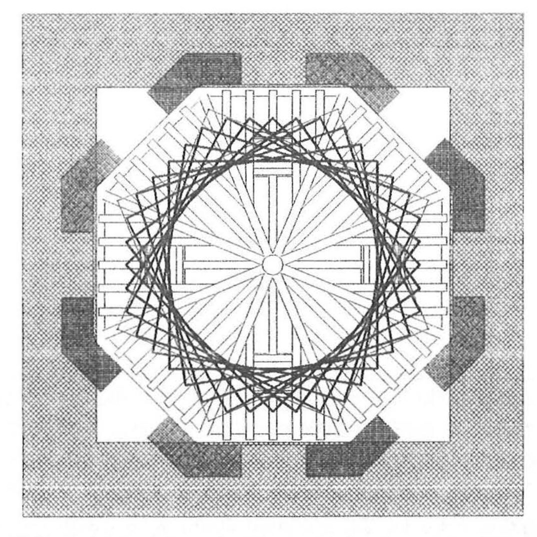
Esta misma operación se realizó por el exterior donde añadió un elemento de hormigón armado con ones ya descritas y que queda oculto bajo la erta.

Queda pendiente para fases posteriores, cuando se pleten elementos aún sin abordar, cortar la unión la escalera inferior y el zuncho del suelo del panario con el fin de que el peso superior pase a la ca inferior a través de los puentes o directamente a coronación del campanario, pero evitando que la mayor rigidez de la estructura de acero de la escalera provoque daños y desconexiones a medida que la fluencia vaya reduciendo la altura de los muros y no la del acero.

Para esta labor bastará cortar los soportes de la escalera desconectándolos del zuncho de hormigón.

Medidas de seguridad en el chapitel

Como ya he comentado, el chapitel está dañado. Tiene la cabeza de algunos maderos importantes afectadas aunque en líneas generales está bien conservado y debe restaurarse en fases posteriores. Entretanto, no puede dejarse apoyado solo en su lugar natural, el ochavo, por lo que se mantiene apeado en la escalera[2]. Los embarbillados de muchas de las péndolas[3] están rasgados y se procedió a dotarles de medidas de seguridad para evitar movimientos horizontales. Para ello, en su base se ataron todas las piezas entre sí para evitar que pudiera ser escupida alguna hacia fuera con el consiguiente arrastre de otros elementos como ya ocurriera hace treinta años.



55 Planta del chapitel con el cable atando a las piezas de los faldones

Esta obra ha consistido en hacer un taladro cerca de la base de las limas y péndolas atravesando casi su

1 ra mejorar la adherencia del mortero se soldaron una serie de dos al perfil. La pérdida del galvanizado con el calor de la dura entre perfiles se resuelve pintando posteriormente la con una resina adecuada.

2 A lo largo de la obra se han tenido que retocar estos apeos al detectarse en varias ocasiones algún acomodo del chapitel.

3 Utilizo los términos, no se si apropiadamente para un chapitel, definidos por Enrique Nuere *"La carpintería de armar española"* 1989. Ministerio de Cultura. Péndola: va del estribo a las limas.

espesor[1], para introducir en él una varilla roscada unida a la madera con resina. La varilla sobresale del agujero y en ella se rosca un cáncamo por cuya argolla se hace pasar un cable que va uniendo a todas las piezas y que luego se tensa[2].

1 De este modo, si se escupe una pieza hacia fuera, se origina una tracción en la varilla que intenta arrancarla de la madera. El taladro debe ser profundo para obligar a entrar en carga a todo el espesor de la pieza, comprimiéndolo transversalmente y evitando el desgarro. Pero no tan profundo como para traspasar la pieza porque se derramaría la resina al quedar sin fondo el agujero. Téngase en cuenta que en este material la resistencia a tracción transversal a la fibra es tan baja que si esta obra de taladrado no es profunda empeora la situación porque se desgarraría al menor movimiento.

2 Cada pieza se unió a las cuatro gemelas de los paños alternos de forma que cada grupo de cuatro forma un anillo cerrado con un solo tensor. De este modo la repercusión económica de tensores y perrillos era razonable –12 en el total del chapitel–, cada anillo quedaba tenso y los ángulos de al menos 45° entre cable y dirección de movimiento eran razonables. El cable de 3 mm de diámetro es suficientemente manejable.

EPÍLOGO

La redacción de estos tres artículos ha sido elab a partir un resumen de los trabajos originarios p estudiarlos de nuevo he modificado alguna d opiniones allí planteadas de modo que éstos ya t vida propia y aquellos se van quedando obsoletos



En las artes gráficas colaboró Miguel Ávila Nie

CUADERNO

34.01

CATÁLOGO Y PEDIDOS EN

http://www.aq.upm.es/of/jherrera

jherrera@aq.upm.es

